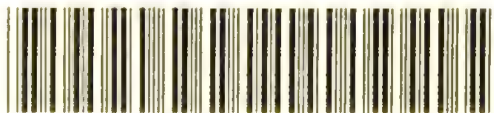
Physiologische und pathologische Chymologie

von

E. S. London

Leipzig
Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H.


22500465216

Physiologische und pathologische Chymologie

nebst einigen Versuchen über Chymotherapie

von

Dr. E. S. London,
Professor am Kaiserlichen Institut für experimentelle Medizin
in St. Petersburg.

Leipzig
Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H.
1913.

Vorwort.

Vorliegendes Werk bietet die systematisch angeordnete Darlegung einer langen Reihe von Arbeiten, welche im Laufe der Jahre 1905–1913 in dem von mir geleiteten Laboratorium des K. Institutes für experimentelle Medizin über den Chemismus der Verdauung und die Resorption von Nahrungsstoffen im tierischen Körper mittels einer speziellen Methodik ausgeführt worden sind.

Da es sich bei der Bearbeitung der hier gestellten Aufgaben im wesentlichen um die Untersuchung des Inhaltes dieses oder jenes Abschnittes des Verdauungstraktes handelt, so können die auf diesem Gebiete gewonnenen Ergebnisse mit Fug unter der Bezeichnung „Chymologie“ zusammengefaßt werden.

Es ist ein doppeltes Ziel, welches im vorliegenden Werke verfolgt wird. Einerseits soll in abgeschlossener Form die spezielle experimentelle Methodik dargestellt werden, welche für die Untersuchung chymologischer Fragen ausgearbeitet worden ist. Andererseits soll gezeigt werden, was bisher auf dem Wege zur Lösung der gestellten Aufgaben erreicht ist, und in welcher Richtung sich die weiteren Arbeiten auf diesem Gebiete zu bewegen haben werden.

Im Interesse einer einheitlichen Darstellung habe ich es für zweckmäßig erachtet, hier von der Besprechung solcher Arbeiten abzusehen, welche außerhalb des oben bezeichneten Gebietes stehen, umsomehr als in dieser Beziehung die vorhandenen speziellen Lehr- und Handbücher, den Bedürfnissen vollauf entsprechen. Unter anderen erscheint demnächst in dem Supplement-Band des „Handbuches der Biochemie“ ein Beitrag zur Verdauungslehre, in welchem ich angestrebt habe, die neueste einschlägige Literatur so erschöpfend als möglich zusammenzustellen.

Die gesamte ältere Literatur ist ausführlich im bekannten Buche von meinem hochverehrten Lehrer S. M. Lukjanow „Grundzüge einer allgemeinen Pathologie der Verdauung“, Leipzig 1899, zusammengestellt.

Nach einiger Zeit will ich das ganze hier gesammelte Tatsachenmaterial mit den zu dem Zeitpunkte angesammelten Literaturbefunden

vereinigen. Dazu ist es jedoch erforderlich, daß die Ergebnis dieses Buches zunächst eine bestimmte Schätzung durch kompetente Fachgenossen erhalten.

Einige Worte zum Plane der Darstellung. Die in vorliegendem Buche mitgeteilten Untersuchungen waren von gewissen Ausgangspunkten einer gewissen Erkenntnis der biologischen Erscheinungen unternommen worden. Die Resultate der verschiedenen Untersuchungen haben zu einer Festigung dieser allgemeinen Gesichtspunkte, im speziellen Falle der funktionellen Tätigkeit des Verdauungskanals geführt. Es wäre daher im hohen Grade verlockend, die erhaltenen objektiven Befunde mit den theoretischen Ausführungen zu einem Ganzen zu vereinigen. Diese Vereinigung würde auch für die Darstellung von Vorteil sein. Wie bekannt, können jedoch die tatsächlichen wissenschaftlichen Befunde, falls sie nur der Wirklichkeit entsprechen, auf eine permanente Einschaltung in das Wissensgebiet rechnen, während die theoretischen Betrachtungen gewöhnlich nur einen temporären Charakter haben und selten allgemein anerkannt werden. Von vornherein etwas Konstantes mit Variablem zu vereinigen, könnte ein umgekehrtes Resultat für das erste bewirken und für das zweite die Bedeutung eines gewaltsamen Aufdrängens haben. Von diesem Gesichtspunkt schien es mir im gegebenen Falle mehr zweckentsprechend die nackten Tatsachen, wie trocken sie auch sein mögen, von den theoretischen Betrachtungen, wie sicher dieselben auf diesen Tatsachen begründet sein mögen, zu scheiden. Eine derartige Darstellung hat im gegebenen Falle noch den Vorteil, daß sehr viele von den konstatierten Befunden vorläufig ganz gesondert dastehen außerhalb des Kreises der hier durch ein allgemeines Prinzip vereinigten Erscheinungen. Schließlich waren viele Untersuchungen nicht infolge ihres theoretischen Interesses als vielmehr in Berücksichtigung des Bedürfnisses der Klinik, besonders der chirurgischen, angestellt worden.

Indem ich dieses Werk der Öffentlichkeit übergebe, halte ich es für meine angenehme Pflicht, allen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen meines Laboratoriums: N. N. Boljarski, S. A. Bogomolow, P. P. Brjuchanow, W. F. Dagaëw, W. Dmitriew, N. A. Dobrowolskaja, O. E. Gabrilowitsch, M. R. Gillels, O. J. Holmberg, L. M. Horowitz, J. G. Jeśman, S. F. Kaplan, A. P. Korchow, R. S. Krym, S. J. Levites, W. N. Lukin, L. F. Mazijewski, L. J. Mepisow, S. O. Mitschnik, M. H. Nemser, A. D. Nürenberg, J. D. Pewsner, W. W. Polowzowa, A. G. Rabinowitsch, E. Riwkind, F. J. Riwosch-Sandberg, W. M. Rokitzky, A. J. Sagelmann, K. Schwarz, A. W. Sivré, S. K. Solowjew, B. D. Stassow, A. Th. Sulima, J. S. Tschekunòw, M. A. Wersilowa, H. K. Wiedemann, durch deren aktive Beteiligung

der Hauptinhalt des nachstehend Mitgeteilten geschaffen worden ist, meinen besten und aufrichtigsten Dank auszusprechen, nicht minder aber auch denjenigen Forschern des Auslandes, den Herren E. Abderhalden, S. Arrhenius, E. Fischer, A. Schittenhelm, und K. Wiener, welche allein durch ihre freundliche Mitwirkung die Klärung einiger der wesentlichsten Fragen ermöglicht haben.

Daß dieser Cyclus von Untersuchungen das folgende Glied in der Reihe der von Cl. Bernard begründeten, von Heidenhain, besonders jedoch von J. P. Pawlow weitergeförderten und in der neueren Zeit zum Teil von A. Bickel, E. Zunz, A. Scheunert und O. Cohnheim weiter fortgesetzten experimentellen Arbeiten ist — ist ohne weiteres klar. —

St. Petersburg, Juni 1913.

Kaiserliches Institut für experimentelle Medizin.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

A. Chymologische Methodik.

B. Die normale und Abnorme Chymologie.

A. Chymologische Methodik.

I. Operationstechnik.

1. Allgemeines.

a) Operationsraum.

Ist die Möglichkeit gegeben, den Operationsraum eben so schön einzurichten, wie in den mustergültigen chirurgischen Kliniken, so wird es kaum jemand versäumen, diese leider nur selten vorkommende Gelegenheit auszunützen; denn es kann nur von großem Nutzen sein. Aber unbedingt notwendig ist das nicht. Die Erfahrung lehrt, daß in einem gewöhnlichen Raum mit gleichem Erfolge operiert werden kann, wie im besteingerichteten Operationssaal. Steril, und zwar auf das peinlichste, muß nur das sein, was mit dem eigentlichen Operationsfelde in unmittelbare Berührung kommt. Reinhaltung der weiteren Umgebung ist gewiß wünschenswert, aber nicht unbedingt erforderlich.

Das Mißlingen der unten geschilderten Operationen kann sich in verschiedener Weise kundgeben; aber wenn dieser Mißerfolg den Tod des Tieres zur Folge hat, so wird dabei in den meisten Fällen bei der Sektion Peritonitis festgestellt. Die Operateure sind gewöhnlich aus natürlichem Selbstgefühl, häufiger jedoch aus Unerfahrenheit sehr geneigt, die Infektion der Übertragung aus der Umgebung zuzuschreiben. Ohne Zweifel trifft dies manchmal wirklich zu; dennoch zeigt meistenteils die nähere Analyse der Sektionsergebnisse, daß die Ursache der Infektion in dem Operieren selber liegt. Der Magendarmkanal ist mit verschiedenen Mikroben dicht bevölkert und der geringste Fehlgriff des Operateurs kann ihnen den Eintritt in die Bauchhöhle frei machen. Überhaupt zeigt die Erfahrung, daß in den meisten Fällen von postoperativer Peritonitis die Infektion die Folge einer mangelhaften Operationstechnik ist.

b) Aseptische und antiseptische Maßnahmen.

1. Bei der Sterilisierung der Gegenstände, welche mit dem Operationsfeld in Berührung kommen, hat man sich nach den allgemein

üblichen Regeln der chirurgischen Asepsis und Antisepsis zu richten. Instrumente und Seide koche man 5 Minuten in $1^0/_0$iger Sodalösung und halte sie dann während der Dauer der Operation steril. Watte und Verbandstoffe sterilisiere man im Autoklaven. Die Hände reinige man mit Seife, warmem Wasser und Bürste, dann mit Spir. saponat. kal., tauche sie dann für einige Minuten in $1^0/_{00}$ige Sublimatlösung und wasche sie endlich mit Alkohol. Während der Operation selbst müssen die Hände, falls sie mit nichtsterilen Gegenständen in Berührung kommen, mit Sublimat und Alkohol immer wieder gereinigt werden.

2. Eine besondere Stellung nehmen die Gegenstände ein, welche zur Anlegung einer Gefäßnaht gebraucht werden sollen. Diese Gegenstände werden in Vaselinum liquid. bei 120^0 5 Minuten lang sterilisiert und darin bis zur Benutzung aufbewahrt.

3. Der zu operierende Hund wird vor der Operation im Wannenbade mittels Creolin und Bürste gründlich gewaschen. Es ist nun einmal so, daß es fast keine Hunde ohne Flöhe gibt; entfernt man diese Flöhe nicht, so hüpfen sie, durch den Chloroformgeruch exzitiert, aus den Haaren heraus und können auf diese Weise in das Operationsgebiet hineinkommen. Nötigenfalls kann man jedoch das Baden vermeiden, aber dann hat der Chloroformator auch für das Einschlafen der heraushüpfenden Flöhe zu sorgen.

4. Am besten schützt man die Bauchhöhle vor einer von außen eindringenden Infektion durch Hautdesinfektion um das Operationsfeld. Die Haare um die markierte Schnittstelle müssen, in möglichst weiter Ausdehnung sorgfältigst abrasiert werden. Die entblößte Haut wird peinlichst mittelst Bürste, Seife und warmen Wassers gewaschen, mit Alkohol und Aether getrocknet und sodann mit Jodtinktur bestrichen, wonach der Hund der ganzen Länge nach mit Handtüchern bedeckt und nur ein Spalt für den Schnitt zwischen 2 Handtüchern offen gelassen wird.

c) Instrumente.

Es soll die Minimalzahl der nötigen Instrumente angegeben werden:

1. Skalpelle, spitze	2	Stück
„ geballte	2	„
2. Schere mit Knopf, mittelgroß	1	„
„ ohne „ „	1	„
„ nach Cooper, kleine	1	„
„ „ Richter „	1	„
Inzisionschere	1	„
3. Pinzetten nach Waldeyer, breite	2	„
möglichst schmale	2	„
Hakenpinzetten	2	„

4.	Kornzangen nach Charrière	4	Stück
5.	Nadelhalter, gewöhnlicher	1	„
	feiner für Gefäße	1	„
6.	Arterienklemmen nach Péan mit Lappenverschluß	12	„
	Höpfnersche Klemmen	2	„
	Gefäßklemmen	4	„
7.	Knopfsonden aus Neusilber von verschiedener Breite	6	„
8.	Hohlsonden	2	„
9.	Nähnadeln, gerade / gebogene } für Gefäße	je 8	„
	runde für die Darmwand	4	„
	gebogene von verschied. Form u. Größe	12	„
10.	Löffel nach Volkmann	1	„
11.	Ecksche Scheren	2	„
12.	Langes Seziermesser	1	„
13.	Injektionsspritzen (10 ccm und 1 ccm)	je 1	„
14.	Leithaken	2	„
15.	Thermokauter	1	„

d) Vorrichtungen für die Fistel.

Fistelkanülen. Die Kanülen sollen entweder aus reinem Silber oder aus Neusilber angefertigt sein. Man muß eine Sammlung von dreierlei Kanülenarten haben:

1. Einfache Fistelröhre (Fig. 1). Sie besteht aus einer zylindrischen Röhre mit einem an einem Ende fixierten breiten, ovalen Rande und einem beweglichen Ring, dessen Öffnung dem Umfang der Röhre genau entspricht.


Fig. 1.

2. Ovale Fistelröhre mit Scheidewand. Diese zweikammerige Fistelröhre (Fig. 2) besteht aus einer ovalen Röhre mit einem an einem Ende derselben fixierten, ebenfalls ovalen breiten Rand; die genau in der Mitte der Röhre befestigte Scheidewand tritt an beiden Enden derselben über deren Rand hervor, wobei der 0,3—0,5 cm hohe Vorsprung über die beiden Seiten des breiten Teiles des Ringes von einer bis zur anderen Seite desselben sich erstreckt; der äußere Ring ist beweglich.


Fig. 2.

3. Rundrandige Fistelröhre. Dieses Modell unterscheidet sich von der einfachen Fistelröhre nur dadurch, daß dessen Rand nicht oval, sondern rund ist (Fig. 3).



Fig. 3.

4. Zerlegbare Fistelröhre (Fig. 4). Sie besteht aus zwei Hälften (a und b) die zusammengesetzt ein ganzes Rohr bilden; der bewegliche Ring ist mit einer Schraube (c) versehen, welche das Zusammenhalten beider Hälften bedingt.

Dieses Modell dient zum Ersatz einer herausgefallenen Fistelröhre.



Fig. 4.

Die älteren Modelle (Fig. 5 und 6) können ebenfalls unter Umständen Anwendung finden.

Es ist notwendig, einen Vorrat an Röhren verschiedener Größe zu besitzen. Es kann nämlich eine Fistelröhre nur in dem Falle als gut bezeichnet werden, wenn sie einen vollkommenen Austritt resp. eine Ausheberung des an den Ort der Fistel gelangenden Chymus gestattet. Nun besitzt das Darmlumen eines jeden Hundes bestimmte Dimensionen, deren Abschätzung im voraus unmöglich ist. Demnach ist es ratsam, vor der Operation mehrere Fistelröhren von verschiedenem Kaliber vorzubereiten, d. h. dieselben mit den übrigen Instrumenten zusammen zu sterilisieren und bei Besichtigung des Darmes das für den betreffenden Fall am besten passende Exemplar aus ihnen zu wählen. Wonach man sich bei der Wahl der Röhrengröße zu richten hat, wird weiter unten bei der Beschreibung der Operationstechnik erläutert werden.



Fig. 5. Magenkanüle.



Fig. 6. Darmkanüle.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß folgende Dimensionen am zweckmäßigsten erscheinen. Alle Maße sind in Millimetern angegeben.

1. Rundrandige Fistelröhren für den Magen.

Lumenweite	22—25
Röhrenlänge	30—40
Breite des fixierten Randes	10
Breite des beweglichen Ringes. . .	12

2. Einfache Fistelröhren für den Darm.

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
Lumenweite	15	18	22
Röhrenlänge	40	40	40
Breite des inneren Randes	4/7	4/8	4/10

3. Zweikammerige Fistelröhren.

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
Lumenweite	15/25	18/30	22/35
Röhrenlänge	40	40	40
Höhe des inneren Scheidewandvorsprunges	3	4	5
" " äußeren "	4	6	8
Breite des inneren Randes	3/5	4/6	5/8
Breite des beweglichen Ringes	3	4	4

4. Zerlegbare Fistelröhren.

Diese Ersatzröhren müssen im allgemeinen gleiche Dimensionen besitzen wie die einfachen; die Länge der Flügel (Fig. 4, a und b) muß $1^1/_2$—2 cm betragen.

Alle genannten Röhren kann man vom Universitätsmechaniker in Wien (L. Castagna, IX/3, Schwarzspanierstraße 17) beziehen. Die Erfahrung lehrte, daß der Verlauf der Operation in nicht geringem Maße von den Konstruktionseigentümlichkeiten der angewandten Röhre abhängt. Die Hauptpunkte, die dabei zu beachten sind, sind folgende. Die Ränder des inneren (im Darm sitzenden) Ringes müssen stumpf und gut abgerundet sein, sonst schneidet sich der Darm leicht durch. Es ist notwendig, daß die gesamte Kanüle möglichst leicht ist; widrigenfalls fällt sie mit der Zeit leichter heraus; daher muß die Röhre dünne Wände haben; im besonderen muß der äußere bewegliche Ring dünn und klein sein, sowie die Lötmaße möglichst leicht. Die einmal gebrauchte Kanüle muß bei erneutem Gebrauch vor der Operation gereinigt und poliert werden.

2. Operationsverfahren.

a) Wahl des Hundes.

Am besten eignen sich für die hier in Betracht kommenden Operationen einfache Hofhunde von geringer oder mittlerer Größe. Alter und Geschlecht sind auch hier, wie gewöhnlich, von Einfluß. Bei sehr jungen Hunden schneidet die Seide infolge schwacher Entwicklung des Bindegewebes leicht durch; dafür aber schreitet bei ihnen die Wundheilung schneller vorwärts; alte Hunde unterliegen leicht der Infektion. Weibchen sind ausdauernder als Männchen. — Im besonderen ist im Auge zu behalten, daß es in der Pylorusgegend und im Duodenum leichter zu manipulieren ist, wenn der betreffende Hund eine flache Brust hat. Handelt es sich z. B. um die Anlegung einer Fistelröhre

am oberen Duodenum, so ist eine flache Brust eine unerläßliche Bedingung, ohne welche man die Operation lieber unterläßt, da bei gewölbter Brust eine große Anspannung des Darmes, die Nekrose und Darmdurchschneidung im Fistelgebiete zu Folge hat, fast unvermeidlich ist.

b) Vorbereitung des Hundes.

Man läßt den Hund 24 Stunden vor der Operation hungern. Abführungsmittel sind in der Regel überflüssig.

c) Allgemeinanästhesie.

Der Hund bekommt $^{1}/_{2}$ Stunde vor der Operation subkutan oder intravenös je nach der Größe 6—12 ccm einer 1 $^{0}/_{0}$-igen Morphiumlösung. Dann folgt die Chloroformnarkose in der gewöhnlichen Art. Man gibt in rascher Folge mehrere Tropfen, wobei starke Exzitation mit Schreien und heftigem Umsichschlagen auftritt. Nach kurzer Zeit tritt tiefe Narkose ein. Bei einiger Übung des Narkotiseurs gelingt es, die Anästhesie, falls nötig, stundenlang glatt fortzusetzen. Sollte aber einmal Atemstillstand eintreten, so ist dieser durch künstliche Atmung leicht zu beseitigen, besonders wenn der Narkotiseur gleichzeitig rhythmische Traktionen an der Zunge des Hundes macht.

Es kommt nur selten vor, daß ein Hund die Chloroformnarkose schlecht verträgt. Geschicht es einmal, so ersetzt man das Chloroform durch Aether.

Bei langer Dauer der Chloroformnarkose (2—3 Stunden) tritt häufig schon am zweiten Tage nach der Operation eine Rhinitis resp. Conjunctivitis auf, welche gewöhnlich in kurzer Zeit vergeht.

d) Eröffnung der Bauchhöhle.

Abgesehen von einigen speziellen Fällen hat die Eröffnung der Bauchhöhle sonst ausnahmslos längst der Linea alba zu erfolgen. Bei der Schnittführung durch die Haut ist zu beachten, daß die weiße Linie der Haut bei Hunden fast niemals mit derjenigen der Muskelwand zusammenfällt; letztere zieht mehr nach links, gerade in der Mittellinie des Körpers, und läßt sich gewöhnlich leicht abtasten. Nachdem die Haut und die Aponeurose der Linea alba durchschnitten sind, stößt man auf eine Schicht von subperitonealem Fettgewebe, das in Form von Falten nach innen vorspringt. Überhaupt muß man sich beim Anlegen des Hautschnittes nach allen gegebenen Operationsverhältnissen richten. Nehmen wir als Beispiel den Fall, wo uns eine Operation in der Pylorusgegend und gleichzeitig damit auch eine Anlegung einer Fistel am Dünn-

darm bevorsteht. Bei der ersten Operation ist ein hoher Schnitt nötig; begnügt man sich nur mit demselben, so wären wir gezwungen, die Darmfistel in einer Gegend anzulegen, die dem Magen entspricht; hierbei aber könnte der Rand der Kanüle leicht in den Darm infolge starker Spannung des zuführenden Abschnittes einschneiden. Somit muß man, der Darmfistel wegen den Bauchschnitt bis unter den Nabel verlängern. — Der Operateur und der Assistent fassen das Fettgewebe an symmetrischen Stellen mit Pinzetten, ziehen es aus der Schnittwunde hervor, und der Operierende macht nun einen Schnitt zwischen den Pinzetten, welcher nach der einen oder anderen Seite verlängert wird. Zuletzt werden die Falten nach außen gezogen und an der Basis abgetrennt. In der Regel tritt dabei keine Blutung auf, so daß eine Unterbindung der Gefäße gewöhnlich entbehrlich ist. Doch ist es zweckmäßig, jedesmal zu kontrollieren, ob nicht irgend ein bedeutendes Gefäß von der Schnittwunde getroffen ist, da man sonst eine starke, mitunter sogar tötliche Blutung erleben kann.

Bei flacher Brust muß man die Falte des praeperitonealen Fettes äußerst vorsichtig fassen, um mit der Pinzette nicht auch den Magen mitzuziehen, welcher in derartigen Fällen sehr nahe liegt. Bei hoher Brust liegt diese Gefahr nicht vor.

Die Fälle, in denen man den Schnitt nicht in der Mittellinie zu führen hat, sind im allgemeinen nicht zahlreich. Hierher gehören vor allem die wiederholten Operationen. Fiel der Schnitt bei der voraufgegangenen Operation auf die Mittellinie, so ist ein abermaliger Schnitt an dieser Stelle lieber zu vermeiden, da das Zusammennähen der fibrösen Gewebe nicht zuverlässig genug ist; es ist besser, den Schnitt am Rande des M. rectus zu führen. Dann folgen die Operationen an der Leber, besonders bei gewölbter Brust, an den Nieren, und auch bei dem nachfolgenden Anlegen einer Magenfistel. In allen diesen wie auch in mehreren anderen Fällen hat man den Bauchschnitt außerhalb der Mittellinie, entweder parallel der letzteren oder in schräger Richtung zu führen; jedenfalls sind die Querschnitte zu vermeiden, da sie schwer heilen.

c) Die Temporärisolierungsmethode (s. Polyfistelmethode).

Das Verfahren im allgemeinen.

Ermöglicht wurde die Anwendung dieser Methode durch Ausarbeitung eines sicheren Verfahrens, bestehend in der Anlegung von Fistelröhren mit weitem Lumen am Darm.

Die Operation wird folgenderweise ausgeführt:

1. Man markiert die Schnittlinie und legt eine Beutelnaht nach Lembert, d. h. ohne die Schleimhaut mit der Nadel zu durchstechen,

um sie herum an. Die Schnittlinie muß derart berechnet werden, daß der Röhrenrand in die Schnittwunde leicht eingeführt werden kann. Die Nahtstiche müssen möglichst klein und dicht sein. Die Distanz zwischen beiden parallelen Nahtreihen darf nicht mehr als 2 mm betragen. Der letzte Ausstich kommt gegenüber dem ersten Einstich zu liegen.

2. In der Mitte der Beutelnaht wird mit dem Skalpell ein Schnitt bis zur Submukosa gemacht, darauf die Mukosa ebenfalls mit dem Skalpell durchstochen und auf der übrigen Strecke mit der Schere aufgeschnitten, indem man gleichzeitig, um die angelegte Naht zu schonen, die Mukosa-Submukosa herauswölbt.

3. Der Operateur und der Assistent fassen (ersterer mit der linken Hand) mittels flacher Pinzetten die Schnittränder in der Mitte und der Operierende schiebt mit der rechten Hand die Fistelröhre mit dem kürzesten Durchmesser ihres inneren Randes in den Darm hinein, indem er, die Wunde an ihrem distalen Ende mechanisch erweiternd, den ganzen inneren Rand ins Darmlumen einzuführen sucht. Bei dieser Manipulation soll die Darmwunde möglichst klein bleiben.

4. Die Einstich- und die Ausstichstelle des Fadens, welche vor dem Einführen der Fistelröhre nebeneinander lagen, erscheinen jetzt voneinander entfernt; infolgedessen wird die Beutelnaht mit derselben Nadel, welche aus diesem Grunde vor dem Zuknoten des Fadens von diesem nicht abgenommen werden darf, bis zur Stelle des ersten Einstiches fortgeführt. Der Faden wird zuerst zu einem chirurgischen, darauf zu einem einfachen Knoten geschlungen. Dabei erscheinen die Schleimhautränder nach außen gekrempelt. Sie müssen mittels einer kleinen gebogenen Schere oder eines Volkmannschen Löffels vollkommen abgetragen werden. Darauf wird der Faden in entgegengesetzter Richtung um die Fistelröhre gebunden, zugeknotet und abgeschnitten.

5. Man zieht das Omentum majus hervor, legt einen Rand desselben auf den Fistelröhrenrand, durchschneidet es mit dem Skalpell in der Richtung des Durchmessers und schiebt die Schnittränder längs der äußeren Röhrenwand bis zur Berührung mit dem Darm herab. Hier wird das Netz in Falten gelegt und von beiden Seiten an die Darmwand angenäht. Zu diesem Zwecke bedient man sich langer Fäden und runder, nicht schneidender Nadeln. Man macht 2 Nahtstiche, indem man nur die Muskularis faßt.

6. Die Darmschlinge samt der Fistelröhre wird in eine Gazekompresse gewickelt und zur Seite geschoben. Der äußere Fistelring wird auf diejenige Stelle der Bauchwand aufgelegt, an der man die Fistelröhre nach außen durchführen will, und ein seinem Durchmesser entsprechender Hautschnitt gemacht. Der Schnitt soll lieber in der Nähe der

Mittellinie (1—$1^1/_2$ cm) geführt werden. Das ist aus verschiedenen Gründen zweckmäßig. Erstens ragt die Röhre nach erfolgter Operation bis zum Moment des Anlötens des Ringes aus der Haut stark hervor. Liegt die Röhre übermäßig seitwärts, so schiebt sie der Hund, wenn er sich auf die betreffende Seite legt oder sich dreht hin und her und verhindert dadurch die nötige schnelle Heilung. Dies ist von Bedeutung für alle Fisteln, außer der Magenfistel, wo die Verschiebungen der Röhre, für die der Magen viel Platz bietet, wenig zu sagen haben. Besonders wichtig ist es aber bei zweikammerigen Röhren, wo die Fistelröhre beim Stehen des Hundes unbedingt in vertikale Lage gebracht werden muß. Bei mehr horizontaler Lage wird das Hinüberfließen von einer Kammer in die andere längs der Darmschleimhaut ermöglicht.

Ohne den Ring abzunehmen wird dann unter Kontrolle der Finger der linken Hand die ganze Dicke der Bauchwand durchschnitten. Der Durchmesser des äußeren Ringes erscheint für die Schnittlänge maßgebend. Macht man einen zu großen Schnitt, so bleibt nach Durchführen der Fistelröhre freier Raum übrig, wohin der Darminhalt gelangen und verschiedene Komplikationen (Abszesse, Geschwüre etc.) hervorrufen kann. Eine zu weite Öffnung für die Röhre hat noch eine andere gefährliche Seite: da die Muskulatur und die Haut die Röhre nicht genügend stark fixieren, so kippt sie leicht bei Bewegungen des Hundes um, und der ovale Rand stellt sich, indem er sich mit seiner Längsaxe umwendet, quer zum Darm und schneidet denselben durch.

Durch einen zu engen Spalt ist es wiederum sehr schwer die Fistelröhre durchzuführen. Die günstige Schnittgröße ist dadurch gekennzeichnet, daß die Fistelröhre von der Haut dicht umfaßt wird.

7. Die Enden des Fadens, mit dem das Netz an den Darm angeheftet war, werden mittelst einer großen, mäßig gekrümmten Nadel unter Kontrolle des linken Zeigefingers in einer Entfernung von 1—2 cm vom entsprechenden Schnittende, in Zwischenräumen von 1—$1^1/_2$ cm durch die Bauchwand geführt. Der Operierende schiebt dann durch den Schnitt der Bauchwand eine Péansche Pinzette hindurch und führt deren Ende unter Kontrolle des linken Zeigefingers aus der Schnittwunde der Linea alba heraus. Darauf senkt der Assistent die Darmschlinge samt Fistelröhre resp. Netz vorsichtig in die Bauchhöhle zurück. Der Operierende faßt den Fistelrand mit der bereit liegenden Péanschen Pinzette; mit einer zweiten Pinzette wird der entgegengesetzte Fistelrand gefaßt. Man hilft sich nach Bedarf mit einer anatomischen Pinzette und zieht die Fistelröhre nach außen vor. Die Fadenenden werden ad maximum angezogen und über einem Mullpolsterchen geknotet. — Es ist ratsam, zu kontrollieren, ob nicht etwas in der Bauchhöhle in die Faden-

schlinge geraten ist, da es vorkommen kann, daß eine Darmschlinge vom Faden mitgefaßt wird. Die Darmschlinge geht dann in Gangrän über, was eine Peritonitis zur Folge hat.

8. Auf die Fistelröhre wird der äußere Ring angelegt und darüber 2 Gummiringe (abgeschnittene Stücke eines Gummischlauches von einem 3 mal engeren Lumen als die Fistelröhre). Es ist sehr wichtig, darauf zu achten, daß die Ringe in richtige Lage kommen. Wenn die Gummiringe den äußeren Fistelröhrenring zu fest an die Haut drücken, so daß letzterer alle Beweglichkeit einbüßt, so führt es gewöhnlich zu dem Resultat, daß der vom inneren Fistelröhrenrand zusammengequetschte Darmabschnitt gangräneszierte, die Gangrän sich auf den die Fistelröhre umgebenden Bauchwandbezirk ausbreitet, worauf, falls der Hund an Peritonitis nicht eingeht, die Fistelröhre herausfällt. Dies geschieht gewöhnlich am 3. bis 4. Tag nach der Operation. Wenn keine anderen schweren Komplikationen vorliegen, dann ist es möglich, den Hund zu retten, indem man eine zerlegbare Fistelröhre von größeren Dimensionen (Fig. 4) als die herausgefallene einführt. Dieses Vorgehen führt aber nicht immer zum Ziel, da die Gangrän häufig progressiven Verlauf annimmt und durch Zufließen von Chymus unterhalten wird.

Falls der äußere Ring an der Fistel zu hoch über der Haut gelegen ist, kann es zum Abreißen der an die Bauchwand angehefteten Darmschlinge kommen (bei Bewegungen des Tieres), was durch Einfließen von Darminhalt in die Bauchhöhle zu einer tödlichen Peritonitis führen kann.

Die richtige Lage erlangt der äußere Ring in dem Falle, wenn er, der Haut hart anliegend, dennoch freie Beweglichkeit in der ganzen Zwischenstrecke von $^1/_2$—$^2/_3$ cm besitzt.

Am folgenden Tag nach der Operation wird der untere Gummiring und nach 4—5 Tagen auch der obere abgenommen und der Fistelring an die Fistelröhre in der Entfernung von ca. $^1/_2$—1 cm (je nach der Dicke der Bauchwand) von deren Rand angelötet. Gleichzeitig werden die zur Befestigung der Darmschlinge an die Bauchwand angelegten Nähte entfernt.

Die Hautnaht wird erst am 8.—10. Tag nach der Operation entfernt.

Spezielle Methodik der Fistelanlegung an verschiedenen Magendarmabschnitten.

1. Orientierung beim Aufsuchen eines nötigen Teiles des Magendarmtraktus im dunkeln.

Am leichtesten lassen sich der Magen und seine Teile aufsuchen. Man führt die ersten drei Finger der rechten Hand in das linke Hypo-

chondrium des Hundes ein, tastet dann die breite nachgiebige Magenfläche und zieht den Magen heraus. So verfährt man jedesmal, wenn eine Operation am Magen bevorsteht. Von dem Magen aus findet man das Duodenum und dem letzteren nach die Plica duodenojejunalis, hinter welcher das Jejunum beginnt. An den oberen Teil des Jejunums kann man auf zweierleiweise herankommen: entweder führt man allmählich die Finger der beiden Hände unter die Plica hinein und zieht unter der letzteren die erste Schlinge und dann, wenn es not tut, die folgenden Darmschlingen vor, oder man faßt direkt die obere Jejunumschlinge und findet, sich nach ihr richtend, den gesuchten Darmteil. Das erste Verfahren ist leichter und sicherer, hat aber seine Schattenseite darin, daß, wenn man etwa infolge von Unvorsichtigkeit die Gefäße torquiert oder zudrückt, der Darm abstirbt. Das zweite Verfahren ist zuverlässiger, erfordert aber Gewandtheit. Zur Orientierung in den mittleren und unteren Darmabschnitten ist es am zweckmäßigsten vom Coecum auszugehen. Man schiebt das Duodenum seitwärts (nach der rechten Seite des Hundes) ab und betastet, indem man in der Richtung des Gekröses tief hineingeht, mit zwei Fingern der rechten Hand den Dickdarm. Er ist beim Betasten leicht vom Dünndarm, den er der Dicke nach bedeutend übertrifft, zu unterscheiden. Man zieht die Schlinge nach außen vor, bis sich das Coecum zeigt.

2. Am kompliziertesten erscheint die Anlegung der transpylorischen Fistel. Sowohl an dieser Stelle, als überhaupt für das Duodenum, paßt nur eine große, zweikammerige Fistelröhre.

Bevor man zur Prozedur der Fistelanlegung selbst schreitet, ist es notwendig, zwei konstant bestehende Bauchfellfalten zu durchschneiden, welche von beiden Seiten des Pylorusringes nach der Leber ziehen. Es ist darauf zu achten, daß das vom Duodenum ziehende Band gewöhnlich mehr oder weniger große Gefäße enthält, die bei der Durchtrennung geschont werden müssen. In manchen Fällen trifft man außerdem noch einige fadenförmige Bänder vor, die am besten ebenfalls durchschnitten werden. Der zweite Vorbereitungsakt besteht darin, daß man denjenigen Teil des Gallenganges abpräpariert resp. isoliert, welcher in der Dicke der Duodenalwand bis zu seiner Einmündungsstelle in das Darmlumen gelegen ist, ohne selbstverständlich den Darm zu eröffnen.

Beide beschriebenen Vorbereitungsakte sind in folgender Beziehung wichtig. Die Durchtrennung der Bänder verleiht dem Pylorusteil des Magens resp. Duodenums größere Beweglichkeit, wodurch die Befestigung der letzteren an die Bauchwand erleichtert wird. Dies ist besonders wichtig bei Hunden mit mehr oder weniger vorspringendem Thorax. Der zweite Akt erscheint deshalb von Wichtigkeit, weil er die Möglich-

keit gibt, die erste Papille vom Rande der Fistelröhre weiter nach rückwärts zu schieben, was bei kurzem Duodenum von besonderer Bedeutung ist.

Es gilt überhaupt als Regel, daß der Darm mit der Zeit sich etwas proximalwärts zu verschieben pflegt. Wenn also die Papille zu nahe an die Fistelscheidewand zu liegen kommt, kann sie sich mit der Zeit anderwärts verschieben, so daß das Sekret dieser Papille (Galle und Pankreassaft), anstatt durch die distale Kammer nach außen abzufließen, sich der durch die proximale Kammer heraustretenden Magenentleerung beimengt.

Um die erste Papille möglichst weit vom Fistelröhrenrand zu entfernen, ist es vorteilhaft, mit der distalen Befestigungsnaht denjenigen Bezirk des Duodenums mitzufassen, aus welchem der Gallengang herauspräpariert war. Die proximale Befestigungsnaht geht durch die Serosa resp. Muscularis des Pylorusteiles des Magens in einem Abstand von 1—2 cm vom Pylorusring.

Will man die Sekrete der ersten Papille vermeiden, so ist es vorteilhaft, einige Monate vor der Pylorusfistelanlegung eine Transplantation der genannten Papille vorzunehmen.

Diese Operation setzt sich aus folgenden einzelnen Momenten zusammen:

a) Am Duodenum werden zwei Klemmpinzetten angelegt; die eine am Pylorusende, in einiger Entfernung von der Einmündungsstelle des Gallenganges, und die andere im Zwischenraum zwischen der ersten Papillenöffnung und dem zweiten Pankreasausführungsgang.

b) 1 cm von der Einmündungsstelle des Gallenganges in das Duodenum, wird der erste Knoten derjenigen Naht angelegt, mit welcher späterhin der vorliegende Duodenalteil angenäht werden soll.

c) Die mit provisorischer Ligatur versehene Darmpartie wird aus dem Duodenum in der Weise herausgeschnitten, daß die Papille in einiger Entfernung vom Rande dieses Darmstückes zu liegen kommt.

d) Die Ränder des Duodenaldefektes werden an die herangezogene erste Jejunumschlinge angenäht, auf welche Weise der entstandene Defekt am besten gedeckt wird.

e) An die isolierte Partie wird die eine oder die andere Schlinge des Duodenums, am besten aber die erste Jejunumschlinge herangezogen und mit dem rechten Rand des Abschnittes durch eine fortlaufende Naht vereinigt; darauf wird neben der Naht eine Öffnung in der Darmwand angelegt, in welche der linke Rand des Darmabschnittes hineingestülpt und darauf mit derselben vernäht wird.

Es sind selbstverständlich hier noch andere Methoden anwendbar, wie z. B. Unterbindung des Gallenganges samt dem ersten Pankreas-

gange mit gleichzeitiger Cholecystentero- und Enteroenteroanastomose. Die Erfahrung hat gezeigt, daß das praktischste Verfahren das folgende ist. Auf einmal werden bei einem flachbrüstigen Hunde folgende Operationen ausgeführt: Der Anfangsteil des Jejunums wird herausbefördert und die Stelle für eine Anastomose mit der Gallenblase angemerkt, unterhalb dieser Stelle wird alsdann eine Enteroenteroanastomose angelegt, um das Eindringen von Darmchymus in die Gallenblase und eine nachfolgende Cholecystitis zu verhüten. Die angemerkte Stelle wird, wie weiter unten beschrieben werden wird, mit der Gallenblase anastomisch verbunden. Darauf wird zwischen zwei Ligaturen der Ductus choledochus und der erste Pankreasgang durchschnitten und schließlich eine Magenfistel angelegt. Drei bis vier Wochen darnach wird, wenn der Hund sich erholt hat, eine zweikammerige Fistel unmittelbar hinter dem Pylorus angelegt. Die erste Operation immunisiert wie stets den Hund zur zweiten.

3. Die mittlere Duodenalfistel wird zwischen der ersten und zweiten Papille angelegt. Der Darmschnitt muß derart geführt werden, daß die Scheidewand näher zur ersten als zur zweiten Papille zu liegen kommt, da die Darmwand, wie oben erwähnt, mit der Zeit sich proximalwärts zu verschieben pflegt, so daß die zweite Papille sich entweder im Niveau der Scheidewand befindet und infolge der Pendelbewegungen der einen oder anderen Seite derselben hinüberwandert, oder aber proximal von der Scheidewand fixiert wird. Unterbindet man dabei den ersten Pankreasgang, so wird der betreffende Hund „polychymotischer" genannt.

4. Die untere Duodenalfistel wird gewöhnlich 5—6 cm unterhalb des zweiten Pankreasganges angelegt, in welchem Falle die Operation gar keine Schwierigkeiten darbietet.

5. Unter dem Namen „Resorptionshund" soll ein Hund verstanden werden, bei dem ein beliebiger Darmabschnitt, vielleicht auch der ganze Darm, von der Einmündungsstelle der Saftgänge im Duodenum bis zum Coecum, zwischen zwei Fisteln, isoliert wird. Außerhalb der Versuchszeit befindet sich der Darm unter normalen Ernährungs- resp. funktionellen Bedingungen und nur während des Versuches werden ihm die von oben zufließenden Verdauungssäfte insgesamt oder getrennt entzogen oder zugeführt.

6. Mit dem Namen „Panchymotischer Hund" wird ein Hund bezeichnet, der gleichzeitig, aber gesondert alle Verdauungssäfte — Magensaft, Galle, Pankreassaft und Darmsaft — liefert. Außerhalb der Versuchszeit kehrt der Hund in ganz normale Verhältnisse zurück.

Die Operation wird folgenderweise ausgeführt:

a) Anlegung einer Magenfistel nach der oben beschriebenen allgemeinen Methode, nur mit dem einzigen Unterschied, daß man hier anstatt zwei Fixierungsfäden besser drei oder vier benutzt.

b) Durchtrennung der Ligamenta hepato-gastricum und hepatoduodenale.

c) Der 1. Pankreasgang wird zwischen 2 Ligaturen durchtrennt.

d) Zwischen beiden Papillen wird in das Duodenum eine zweikammerige Kanüle eingeführt.

e) An der ersten Jejunumschlinge wird eine einfache Fistel angelegt. Am sichersten ist es diese Operation nicht auf einmal, sondern in zwei Sitzungen auszuführen; z. B. die Magenfistel und die Jejunumfistel und darauf nach 3—4 Wochen die Duodenalfistel.

f. Die Ausschaltungsoperationen.

Magenresektionen.

1. Ausschaltung des pylorischen Magenteiles mit Gastroduodeno- resp. Gastrojejunostomie.

Man zieht den pylorischen Magenteil und den Anfangsteil des Duodenums durch den Bauchschnitt vor und durchtrennt die Ligamenta hepatogastricum und hepatoduodenale. Es werden die Seitengefäße an der Curvatura major und minor längs dem Pylorusteile doppelt legiert und durchschnitten, ohne jedoch die Coronargefäße, welche parallel den Magenkrümmungen verlaufen, zu schädigen. An der Fundusgrenze werden 2 große Preßzangen angelegt in einer Entfernung von ca. 3 cm voneinander und so fest wie möglich geschlossen; auf untergelegtem Schutztampon dicht an der darmwärts liegenden Klammer wird zwischen beiden der Magen durchschnitten. Die hervorragenden Schleimhautfalten werden mit Jodtinktur betupft; der abgetrennte Magenteil wird nach der rechten Seite des Hundes umgebogen. Darauf legt man sofort am Fundusrand eine Occlusionsnaht. Zuerst wird eine fortlaufende Naht durch die Mukosa geführt; dann kommt eine ebenfalls fortlaufende Serosanaht, wobei aber bei jedem Stich die Muskularis und Submukosa mitgenommen werden. Schließlich kommt nach Entfernung der Klammer eine Knopfnaht der Serosa über der fortlaufenden Naht.

Dicht hinter dem Pylorus wird eine Klammer angelegt und 3—4 cm unterhalb derselben eine zweite. In einem Abstande von ca. 5 mm unterhalb der Pyloruszange wird das Duodenum circulär bis zur Muskularis inzidiert und nachher mit einer flachen Schere dicht unter der Zange von derselben abgetrennt.

Jetzt läßt man den Assistenten mit den Fingern den Fundussack

fassen, führt an dessen hinterer Wand parallel der Nahtlinie, einen 3—4 cm langen Schnitt bis zur Mucosa und vereinigt mit einer fortlaufenden Naht die Serosa des Magens mit der Serosa des Duodenums an der entsprechenden Seite. Über dieser Naht wird eine zweite fortlaufende Naht angelegt, wobei man die Nadel beiderseits durch die Submucosa-Muskularis-Serosa (resp. vice versa) führt. Die Magenmucosa wird durchschnitten und die Magenöffnung mit der Duodenalöffnung durch eine fortlaufende cirkuläre Mukosa-Mukosanaht vereinigt. Zum Schluß wird eine fortlaufende und dann noch eine Knopfnaht zum Annähen der Duodenalwand an die Magenwand angelegt.

Soll der Magensack mit dem Jejunum vereinigt werden, so wird das Duodenum in derselben Weise wie der Magen durch eine Occlusionsnaht geschlossen.

Die Gastrojejunostomose wird in folgender Weise ausgeführt: Die Plica duodonojejunalis wird mit dem Finger aufgesucht, derselbe von links her um das Jejunum geführt und die Plica hervorgezogen. 20—30 cm nach abwärts wird der Darm, wenn nötig, durch Ausstreichen, Quetschen entleert und die gewählte Schlinge vom Assistenten festgehalten. Jetzt wird die Abschlußtamponade gemacht, nachdem man sich die präparierte Stelle der Magengegend und die Jejunumschlinge, 10—15 cm unter der Plica duodenojejunalis zur Anastromosierung zurechtgelegt hat.

Darauf wird die Darmschlinge in horizontaler Richtung zum Magen angelegt, so daß das zuführende Ende fundalwärts und das abführende distalwärts zu liegen kommt. Die Vereinigung erfolgt in der Längsrichtung der großen Kurvatur durch eine fortlaufende Serosanaht, welche auch die Muskularis etwas mitfaßt. In einer Entfernung von $^1/_2$ cm wird am Magen und am Darme die Serosa-Muskularis inzidiert und die anliegenden Schnittränder mittels einer zweiten fortlaufenden Naht vereinigt. Nun folgt die Eröffnung des Magens resp. des Jejunumlumens und cirkuläre Mukosanaht, über welcher endlich die fortlaufende und die Knopfnaht der Serosa unter Mitfassung der Muskularis und Submukosa angelegt wird.

Es ist sehr wichtig, den Schnitt sowohl im Magen als auch im Jejunum so groß wie möglich zu machen. Der Schnitt im Magen muß etwas größer sein als die Öffnung im Darm.

Um den Erscheinungen des Circulus vitiosus im Gange der Magenentleerung vorzubeugen, ist es vorteilhaft, den zuführenden Schenkel mit dem abführenden anastomosieren zu lassen. Diese seitliche Enteroenteroanastomose wird mutatis mutandis in derselben Weise ausgeführt wie die eben beschriebene Gastroenteroanastomose.

2. Gastroektomia totalis.

Man zieht den Magen in toto vor, schneidet zwischen doppelten Ligaturen alle Seitengefäße unter Schonung der Koronargefäße durch, legt eine Klemmzange am Ösophagus dicht unter dem Zwerchfell an, eine zweite an der Einmündungsstelle des Ösophagus in den Magen, eine dritte am Duodenum dicht unter dem Pylorusring und eine vierte 3—4 cm unterhalb der dritten. Der durch die zweite und die dritte Zange abgeklemmte Magen wird mittels einer glatten Schere dicht oberhalb der ersteren und unterhalb der letzteren abgetrennt. Das Ösophagusende und der Duodenumanfangsteil werden nach Reinigung und Betupfung der Schleimhäute mit Jodtinktur mittels eines Murphyknopfes mit nachfolgender Übernähung vereinigt.

Um die Operation der Anastomose zwischen Oesophagus und Duodenum erfolgreich auszuführen, müssen die beiden folgenden Momente ganz besonders in Betracht gezogen werden. Erstens empfiehlt es sich den pylorischen Teil des Magens etwas höher als die Anfangspartie des Duodenums abzuschneiden, weil das Pankreas dem oberen Teil desselben ziemlich fest anliegt und an dieser Stelle das Anlegen von Nähten nach Schluß des Morphyknopfes verhindert; es bleibt nur ein kleiner Abschnitt des Duodenums von ungefähr 0,5—1,0 cm Größe vom Pankreas frei. Zweitens muß jede Hälfte des Knopfes an die entsprechende Seite angelegt werden: die männliche an das Ösophagusende, die weibliche an das Duodenalende. Das Ösophagusende ist nämlich dünner und beweglicher als dasjenige des Duodenums, weshalb es auch leichter hinter den Rändern abgebunden und beim Schließen in das Schälchen hereingedrückt werden kann, wodurch der ganze Verschluß ein sicherer wird. Wir müssen noch darauf hinweisen, daß das Ösophagusende, da es ja sehr breit ist, mit häufig aufeinanderfolgenden Nähten umstochen werden muß, sonst können sich am Rande beim Anziehen des Fadens Falten bilden, die das innige Aneinanderliegen der Serosahäute beim Schluß des Knopfes behindern.

3. Excision des Magenfundus.

Der Fundusteil des Magens wird mittels Klemmzangen vom Ösophagus einerseits und vom Antrum andererseits nach Legierung der Gefäße abgetrennt und abgeschnitten, das Antrum durch Occlusionsnaht verschlossen und mittels eines Murphyknopfes mit dem Ösophagusende in Verbindung gebracht.

4. Operationen in der Pylorusgegend.

Die in der Gegend des Pylorus ausgeführten Operationen bezwecken entweder die Verengerung desselben oder seinen völligen Verschluß,

oder aber seine partielle resp. gänzliche Ausschaltung. Überhaupt bietet die Pylorusgegend für den operativen Eingriff ein äußerst undankbares Feld, und zwar zufolge der besonderen lokalen anatomisch-physiologischen Verhältnisse. Schon beim ersten Blick auf die Übergangsstelle zwischen dem Magen und dem Duodenum fällt die äußerst spärliche Versorgung derselben mit Gefäßen ins Auge. Von den Koronargefäßen gehen beiderseits kleine Gefäßchen ab, die mit einander nur schwach anastomosieren, so daß Schädigungen, die während des chirurgischen Eingriffs zustande kommen, hier leicht Anaemie und Nekrose hervorrufen können. Während der initiale Duodenumabschnitt über eine ziemlich dicke und feste Muskularisschicht verfügt, ist die Muskularis des Antrums, im Gegenteil, von einer sehr lockeren Konsistenz, und Nähte schneiden in ihr leicht ein. Wenn wir noch die Enge des Lumens in Betracht ziehen, in welches sich der Mageninhalt unter bedeutendem Druck ergießt und zwar in besonders großen Mengen unmittelbar nach der Operation, so wird es verständlich, weshalb man hier bei Operationseingriffen verschiedener Art besonders vorsichtig sein muß.

Verschluß des pylorischen Magenabschnittes. Am leichtesten ist es, den Pylorus ganz zu verschließen; es genügt, die schmalste Stelle mit einem dicken Seidenfaden zu umschnüren, welchen man gar nicht sehr fest zu binden braucht. Es genügt, so zu unterbinden, daß die Schlinge die Serosa nur berührt oder sogar von derselben etwas absteht. Wenn man keinen Seitenweg für den Mageninhalt in Form einer Gastrojejunostomie schafft, so geht nach Verschluß des Pylorus der Hund rasch ein. Gewöhnlich stellt sich beim Hunde 15—20 Stunden nach der Operation Erbrechen ein, das sich später öfters wiederholt; spätestens 4 Tage nach der Operation tritt der Tod ein.

Verengerung in der Pylorusgegend. Um eine Verengerung des Pylorus hervorzurufen, kann man entweder zu einem rein chirurgischen Verfahren, oder zu einer mechanischen Methode greifen. Das Operationsverfahren besteht darin, daß an der Stelle der schmalen Einschnürung ein Lappen aus der Serosa-Muscularis reseziert, und die Wunde mit einer zweietagigen Naht geschlossen wird. Die mechanische Verengerung kann auf zweierlei Art erzeugt werden: entweder wird die schmale Übergangsstelle zwischen Magen und Duodenum mit einer Tabaksbeutelnaht subserös mit der dicksten Seide umschnürt, welche über der Péanpinzette geknotet wird, die unter die Ligatur bis zum Schloß geschoben wurde.

Bindet man die Ligatur über einer schmäleren Stelle der Péanpinzette fest, so kann man leicht Darmokklusion hervorrufen.

Bei einem in der angegebenen Weise operierten Hunde zeigte die Sektion, daß die Ligatur nach mehreren Monaten an Ort und Stelle geblieben und vom Bindegewebe umwuchert war. Die Übergangsstelle zwischen Magen und Duodenum war derartig verschmälert, daß sie mit Mühe ein Gummirohr von 0,8 cm Durchmesser durchließ. Der eingeführte kleine Finger stieß auf ein ringförmiges Hindernis.

Seide ist in der Beziehung unbequem, daß sie keine Elastizität besitzt, sich leicht dehnt und sogar einschneiden kann. Es ist zweckmäßiger einen Gummischlauch von 2—3 mm Durchmesser zu benutzen; er wird in der Ringer'schen Flüßigkeit im Autoklaven bei 120 ° C. sterilisiert. Der Schlauch wird an der schmalen Übergangsstelle zwischen Magen und Duodenum angelegt, wobei man die Gefäße umgeht; darauf wird er mit der Berechnung abgeschnitten, daß nach Vernähung der Ränder ein Ring zustande kommt, welcher von der Serosa 1—2 mm absteht. Der Versuch zeigte, daß ein derartiger, fest anliegender Ring Darmokklusion erzeugt. Die Ränder des Gummischlauches werden mit einer fortlaufenden zirkulären Naht vernäht.

Die Ausschaltung des Pylorus. Die Funktion des Pylorus ist mit seiner ringförmigen Struktur verbunden. Ist letztere in irgendeiner Weise geschädigt, so fällt seine Funktion aus. Aus diesem Grunde kann die totale Exzision des Pylorus, die technisch sehr schwer auszuführen ist, ohne Nachteil durch eine partielle Exstirpation desselben ersetzt werden. Die Operation setzt sich aus folgenden Momenten zusammen:

1) Längsschnitt durch die Serosa und Muskularis, 1 cm unterhalb der Ausgangsstelle beginnend, von 3—4 cm Länge, unter möglichster Schonung der Gefäße. Der Muskelring des Pylorus wird abpräpariert von der Submucosa und Serosa (beiderseits), wobei die Lappen an den Curvaturen durchschnitten werden.

2) Die Ränder der Serosa werden vernäht, wobei die Naht auch die Submucosa mitfaßt.

3) Die Wunde wird mit dem Rande des kleinen Netzes verdeckt, welches mit einigen Nähten an dieser Stelle fixiert wird.

Nachdem einer der so operierten Hunde ungefähr 2 Monate nach der Operation an zufälliger Ursache eingegangen war, ergab die Sektion, daß an der Stelle des resezierten Pylorus sich gar keine narbige Einschnürungen gebildet hatten. Ein Teil des Sphinkters, der durch das Messer verschont war, fiel augenscheinlich der Atrophie anheim. Der Rand der Antrummuskulatur konnte deutlich in Form einer festen Verdickung gefühlt werden.

Darmresektionen.

1. Das zu resezierende Darmstück samt Mesenterium wird aus der Bauchhöhle herausgezogen und mittels aseptischer Tamponade vom Peritonealraum abgeschlossen.

2. An der Stelle, wo reseziert werden soll, werden je zwei Klemmzangen in einem Abstande von 2—3 cm eine unter der anderen angelegt und zwar etwas schräg zur Längsaxe des Darmes, so daß an der Convexität vom Darm mehr entfernt wird als am Mesenterialansatz, damit um so sicherer die zur Convexität ziehenden Quergefäße unbeschädigt bleiben.

Im Mesenterium des Darmes verlaufen die Gefäße bekanntlich bogenförmig. Um die Ernährung des zurückbleibenden Darmabschnittes möglichst zu erhalten, ist es am zweckmäßigsten, den Darm in der Höhe der Mitte des vorliegenden Gefäßbogens zu durchschneiden, welcher vorerst, um eine Blutung zu vermeiden, im Schnittpunkt unterbunden wird.

Das offene Darmende wird mit einer fortlaufenden Naht verschlossen, welche durch die ganze Dicke beider Wände, deren Mucosaschichten einander anliegen, geführt wird. Darauf wird eine zweite fortlaufende Naht angelegt, welche die Serosa-Muscularis faßt, wobei der Assistent den zugenähten Rand einstülpt. Zur Sicherheit kann noch eine dritte Reihe derselben Nähte angelegt werden.

Unter allmählichem Umschnüren und Ligieren der großen Mesenterialgefäße (je 2—3 zusammen) mittels einer aneurysmatischen Nadel werden dieselben in toto durchschnitten und die nacheinander folgenden Fäden geknotet. Der Darm wird abgeschnitten und entfernt.

Es sei hier betont, daß für die Magen- resp. Darmresektion nur gut ernährte vaskularisierte Wundränder geeignet sind. Man muß sich deshalb absolute Sicherheit verschaffen, daß vom Mesenterium her in beide Darmenden Blut genügend zu- und abfließt; nur soweit die bis dicht am Darme pulsierenden Gefäße führen, kann man bei ungeschädigter Darmwand einer genügenden Blutzufuhr sicher sein. Hat man diese Gewißheit nicht, so soll man lieber noch ein Stück Darm weiter auf- oder abwärts resezieren.

4. Man schreitet zur Vereinigung der Darmenden. Sind dieselben von mehr oder weniger gleichem Lumen, so wird eine direkte zirkuläre Vereinigung gemacht; d. h ein Ende ins andere eingenäht; bei ungleichem Lumen eignet sich besser Seitenanastomose.

5. Bei der zirkulären Vereinigung reinigt man vor allem mit Marleybäuschchen die sich vorstülpende Schleimhaut beider Darmränder und betupft sie dann mit Jodtinktur. Zur sicheren Orientierung über die korrespondierenden Stellen der Darmenden wird eine Fixationsnaht

am Mesenterialansatz und eine zweite an der Convexität desselben angelegt, so daß die beiden Darmlumina in richtige gegenseitige Beziehungen gebracht und durch Anspannung der Naht in dieser Lage fixiert werden. Es folgt eine fortlaufende Naht, welche die ganze Darmwand faßt. Ohne Unterbrechung bringt man mit derselben Naht ringsherum die Darmränder in feste Berührung, bis man das letzte Fadenende wieder mit dem Anfangsfaden vereinigt. Man reinigt die Nahtlinie mit Marleybäuschchen und legt darüber noch eine zweite fortlaufende zirkuläre Naht, wobei man die Serosa mit der Muskularis in der Weise faßt, daß die Serosa eingestülpt wird und die serösen Flächen in breite Berührung kommen. Der Endfaden wird mit dem Anfangsfaden vereinigt und die Därme ohne Kraftanwendung in die Bauchhöhle zurückgesenkt.

Die Seitenanastomose wird nach Verschluß der Darmenden in derselben Weise gemacht wie bei der Gastroenteroanostomose beschrieben ist. Nur kann man sich hierbei mit zweietagiger anstatt dreietagiger Naht begnügen.

Zum Verschluß des Darmendes kann man auch nur eine Invaginationsnaht und darüber einige Knopfnähte anlegen.

Von allen Darmabschnitten stellt das Duodenum die größte Gefahr im Sinne des Eindringens des Darminhaltes in die Bauchhöhle vor. Der Anfangsteil des Duodenums, mit welchem man bei der Ausführung der Anastomose zu tun hat, kann nur schwer in toto aus der Bauchhöhle vorgezogen werden; außerdem ist er mit Sekretausscheidungen überfüllt, die keinen Abfluß nach dem Schließen der Wunde haben. Das Gelangen des Darminhaltes in die Bauchhöhle führt unabwendbar zur Peritonitis. Aus diesem Grunde muß der Assistent im höchsten Grade aufmerksam sein, um das Operationsfeld in Reinheit zu erhalten.

Bevor man zur Resektion des gesamten Duodenums schreitet, muß man vorerst für den Abfluß der Galle und des Pankreassaftes in den Darmkanal sorgen. Zu diesem Zweck wird der erste Pankreasausführungsgang und der Gallengang zwischen doppelten Ligaturen durchschnitten, die zweite Pankreaspapille in der oben beschriebenen Weise (Seite 12) in die mit dem Magen vereinigte Darmschlinge transplantiert, das Duodenum vom Mesenterium nach Unterbindung der zu- und abführenden Gefäße entfernt und die Gallenblase in der unten zu schildernden Weise mit dem Darm in Verbindung gesetzt.

Man darf nicht vergessen, dem Hunde vor der Resektion des Dickdarmes ein Klystier zu verabfolgen, da man sonst auf Kotmassen stoßen kann, die das Operationsfeld verunreinigen.

Pankreasresektion.

Zwecks völligen Ausschlußes des Pankreassaftes muß unbedingt nur derjenige Teil der Bauchspeicheldrüse reseziert werden, von welchem die makro- und mikroskopischen ductus pancreatici abgehen. Damit erklärt sich auch der geringe Unterschied zwischen dieser Operationstechnik und dem typischen Verfahren der Pankreasexstirpation.

Das Duodenum wird herausgezogen, beide Pankreasausführungsgänge zwischen doppelten Ligaturen getrennt, die am Duodenum zurückgebliebenen Ductusreste eingestülpt und mit Nähten befestigt. Jetzt kommt der Hauptakt, von dem das Schicksal des Hundes abhängig ist: das Herauspräparieren der Drüse. Es ist besonders wichtig, daß alle zu- und abführenden Gefäße des Duodenums vollkommen intakt bleiben. Die Drüse soll deshalb nur unter fortschreitender Ligierung und Durchschneidung ihrer feineren zu- und abführenden Gefäße proximalwärts bis zu einigen Zentimetern oberhalb des Pylorus herauspräpariert werden. Zum Schluß wird der linke Schenkel mit zwei Ligaturen durchstochen, die Ligaturen an je einer Seite fest geknotet und das blosgelegte Drüsenstück einige Millimeter oberhalb der Ligaturknoten abgeschnitten.

Sind die Duodenumgefäße nicht geschont worden, so wird der Hund in Gefahr gesetzt, an Peritonitis infolge von Duodenumnekrose zu Grunde zu gehen.

In der Mehrzahl der Fälle führt diese Methode zum Ziel, jedoch nicht immer. Trotz der sehr sorgfältig ausgeführten Operation zeigte sich doch in einem Fall im Darm bald nach der Operation, Pankreassaft, wobei die Verdauungsprozesse in demselben bald zur Norm kamen. Es mußte eine zweite Laparatomie und Resektion des nachgebliebenen Drüsenteils gemacht werden.

Die Operation der Exstirpation des Pankreas zwecks vollständiger Ausschaltung des Pankreassaftes aus dem Magendarmkanal, kann als vollkommen sicher angesehen werden, wenn sie folgendermaßen ausgeführt wird. Zuerst werden, wie erwähnt, beide Ausführungsgänge der Drüse zwischen zwei Ligaturen durchschnitten, dabei müssen die Gefäße vor Verletzung geschützt werden, welche hier sehr klein sind und in der Nähe der Ausführungsgänge liegen. Die Darmendchen derselben werden sicherheitshalber mit 1–2 Nähten invaginiert. Jetzt wird der Kopf der Drüse vom Duodennm abpräpariert, indem das Mesoduodenum zwischen 2—3 doppelten Ligaturen zwischen der Art. jejunalis und der Einmündungsstelle der Art. pancreatico-duodenalis in den Darm durchschnitten wird. An derselben Stelle wird unter Schonung der A. u. V. pancreatico-duodenales des Pancreas mit zwei Ligaturen fest unterbunden

und durchtrennt. Mit der einen Hand hält der Operateur den Stamm der Drüse fest, mit der anderen werden mit Hilfe einer Sonde die dünnen Gefäßchen isoliert, die vom Assistenten zwischen paarigen Ligaturen durchschnitten werden. Bei akkurater Arbeit kann die Exstirpation ohne Blutverlust ausgeführt werden. Darauf geht man Schritt für Schritt höher zur Cauda vor, indem das Pankreas zwischen zwei Ligaturen auf der Höhe der pylorischen Magenpartie abgeschnitten wird: dabei bleibt jedoch ein kleiner Teil der Drüse nach, welcher dem Duodenum fest angewachsen ist und apart exstirpiert werden muß; auch hier werden die zuführenden Gefäßchen und das Ausführungsgängchen unterbunden, welches hier nicht selten vorgefunden wird. Zum Schluß werden beide Drüsenstümpfe mit dem Netz überdeckt, indem letzteres mit einigen Nähten auch am Duodenum befestigt wird.

Operationen an der Gallenblase.

1. Resektion der Gallenblase.

Ein schräger, 6 8 cm langer Querschnitt, einige Zentimeter unterhalb des rechten Rippenrandes erscheint zwar bei dieser höchst einfachen und sicheren Operation der bequemste, doch ist ein längerer, vom Proc. xyphoidens beginnender Medianschnitt wegen besserer Heilung vorzuziehen.

Man preßt mit drei Fingern die Galle in den Darm aus, trennt mit dem Zeigefinger vorsichtig die Gallenblase von der Leber ab, ligiert die Blase fest an der Basis und schneidet ab. Endlich wird ein entsprechendes Netzstück unter Ligierung reseziert und an die entblößte Blasenfläche der Leber mit einigen Nähten zwecks Blutstillung und rascher Heilung fixiert.

2. Cholecystoenterostomie.

Bauchschnitt und Entleerung der Gallenblase wie bei vorhergehender Operation. Die gewünschte Darmschlinge wird herausgezogen, in deren Lichtung die weibliche Murphy-Knopfhälfte in genau derselben Weise eingenäht, wie oben bei der Fistelanlegungsmethode geschildert. Indem der Assistent die ausgepreßte Blase festhält, näht der Operateur in dieselbe die andere Knopfhälfte wie gesagt ein. Der Knopf wird verschlossen und darüber einzelne Nähte angelegt.

Man kann auch folgenderweise verfahren. Die Gallenblase wird mittels 2 Halteligaturen am Darm fixiert, zwischen den Ligaturen eine fortlaufende Naht angelegt, dann Darm und Blase mittelst Skalpellspitze durchstochen, die Öffnungen mit fortlaufender Naht vereinigt, worauf eine zweite Serosanaht folgt.

Beim Anlegen der ersten Nahtreihe wird nur die Serosa der Blase gefaßt; dieses ist nicht schwer, wenn man nur mit einer dünnen Pinzette eine Falte der Serosa hebt und dieselbe unmittelbar unter der Pinzette mit der Nadel durchsticht. Was den Darm anbelangt, so werden dessen Serosa-Muskularis, wie gewöhnlich, gleichzeitig gefaßt.

Leberresektion.

Die Kernfrage bei dieser Operation ist die Blutstillung; sonst treten hier keine technischen Schwierigkeiten entgegen. Blutung aus großen Gefäßen wird am sichersten dadurch gestillt, daß man bei derer Trennung den Finger auf das Lumen legt, mit Catgut oder Seide die Stelle umsticht und durch einen Assistenten die Ligatur zuschnüren läßt. Parenchymatöse Blutungen aus den kleinen Gefäßen lassen sich durch Tamponade in der Regel dauernd stillen. Gelingt es nicht, durch diese milden Mittel die Blutung zu stillen, so bedient man sich des Thermocauters, indem man denselben sehr langsam wirken läßt bei bloßer Rotglühhitze.

Die Leberwunden werden mit isolierten Netzstücken bedeckt, die mit Nähten von allen Seiten fixiert werden.

Exstirpation des Netzes und des Mesenteriums.

Es ist ganz unmöglich, das Netz ohne Rest zu entfernen und zwar aus dem Grunde, weil an den Rändern derjenigen Organe, mit welchen es in Verbindung steht (Magen, Milz usw.), in ihm selbst Gefäße verlaufen, die diese Organe ernähren. Somit kann hier nur von der Resektion desjenigen Maximums die Rede sein, welches man ohne Nachteil für die Zirkulation in den Organen der Bauchhöhle entfernen darf.

Zuerst wird das kleine Netz entfernt. Zu diesem Zweck wird der Magen aus der Wunde vorgezogen, darauf gelangt man längs der Curvatura minor bis zur Cardia, unterbindet mit zweireihigen Nähten das Netz zwischen Magen und Leber und reseziert es. Der Magen wird zurückgesenkt, dann unterbindet man mit einzelnen Nähten das große Netz an der Basis des Magens längs der ganzen Curatura major, darauf an der Milz, Nebenniere, Niere und schneidet es mit der Schere möglichst nahe an den Knoten ab.

Diese Operation wird von Hunden sehr leicht vertragen. Beginnt man aber am dritten Tage nach der Operation die Tiere zu füttern, so treten während der Nahrungsaufnahme und etwas später besondere Erscheinungen auf. Das Tier hört plötzlich zu essen auf, wird sehr unruhig und winselt. Es macht den Eindruck, als hätte das Tier akute Schmerzen. Diese Anfälle dauern ungefähr eine Woche, um dann zu

schwinden. Dieser Umstand spricht augenscheinlich dafür, daß das exzidierte Netz kompensatorisch ersetzt wird. Einerseits könnte man voraussetzen, daß an diesem Kompensationsprozeß der Rest des Netzes, (dessen Basis) Anteil nimmt, welcher im Interesse einer richtigen Blutversorgung zurückgelassen wurde. Andererseits aber ist es möglich, daß sich hier auch das unberührt gebliebene Mesenterium beteiligt. Die Basis des Netzes kann selbstverständlich nicht entfernt werden, um keine ernsten anatomischen Komplikationen hervorzurufen. Anders verhält sich die Sache in bezug auf das Mesenterium: dasselbe kann leicht entfernt werden, wobei man wiederum diejenigen Abschnitte verschonen muß, welche die Gefäß-Nervenbündel überdecken. Die Technik ist die gewöhnliche; nötigenfalls Resektion zwischen Ligaturen.

Resektionen anderer Organe sind einfach und bedürfen deshalb keiner besonderen Beschreibung.

Die Eck'sche Operation.

1. Man macht längs der Linea alba einen Bauchschnitt, welcher, vom Schwertfortsatz anfangend, bis zur hintersten Grenze der Bauchwand zieht. Die subperitoneale Falte wird abgeschnitten. Der rechte Schnittrand wird mit einem Mulltuch überdeckt.

2. Indem der Operateur mit seiner linken Hand den mit der Serviette bedeckten Rand der Schnittwunde zur Seite schiebt, führt er die rechte Hand in die Bauchhöhle ein, schiebt sämtliche Darmschlingen zwecks Freilegung der V. cava und V. portae nach der linken Hälfte desselben herüber, übergibt sie dem Assistenten, welcher gleichzeitig beide Hände in die Bauchhöhle einführt und die ihm vom Operierenden gereichte Darmmasse in eine Mullserviette einhüllt. Zur Erzielung eines regelrechten Operationsganges ist es notwendig, daß der Assistent bis zum Schluß der Operation seine Hände aus der Bauchhöhle nicht herausnimmt, indem er mit einzelnen Fingern diesen oder jenen Teil des Operationsfeldes, entsprechend den Anordnungen des Operateurs vorrückt oder zurückschiebt.

3. Mit einer flachen Hohlsonde wird derjenige Teil der V. portae abpräpariert, welcher in der Mitte zwischen der V. pankreatico-duodenalis und den nach der Leber ziehenden Ästen liegt. Mit Hilfe einer aneurysmatischen Nadel wird dann ein langer Faden unter den isolierten Venenabschnitt gelegt. Die Fadenenden werden mit einem Péan gefaßt und auf die äußeren Decktücher seitwärts gelegt. Dabei müssen folgende zwei Umstände beachtet werden: erstens, daß in die Ligatur tatsächlich die V. portae und nicht etwa einer von den zur Leber ziehenden Ästen zu liegen kommt; zweitens, daß beim Durchführen der

aneurysmatischen Nadel die Vene selbst nicht verletzt wird. Bei ungenügender Aufmerksamkeit werden derartige Fehler leicht begangen. Beabsichtigt man den Blutstrom aus der V. cava nach der V. portae abzuleiten, so wird der Faden unter die erstere geführt.

4. Nun folgt das Entfernen des lockeren Bindegewebes von der V. portae und deren Zusammennähen mit der V. cava. Zu diesem Zwecke ist es notwendig, möglichst feine, runde, nicht schneidende Nadeln und entsprechend feine Seide zu verwenden. Der erste Einstich wird in die V. portae, 0.5 cm unterhalb der Einmündungsstelle der V. pankreatico-duodenalis gemacht, wobei die ganze Dicke der Venenwand durchstochen wird; in dieser Weise verfährt man auch im weiteren. Es entsteht dabei immer eine geringe Blutung, welche aber unbeachtet bleiben kann; vielmehr muß möglichst schnell der Ausstich durch die Wand der V. cava gemacht werden. Es ist gleichgültig, ob man die Nadel durch die ganze Wanddicke der V. cava führt oder nur die Adventitia derselben in die Naht faßt; einfacher und schneller erscheint es, die ganze Dicke der Wand zu durchstechen. Die Naht wird mit beiden in die Tiefe der Bauchhöhle gesenkten Zeigefingern zusammengezogen und mit einem einfachen, nicht chirurgischen Knoten zweimal nacheinander gebunden. Die Blutung steht dadurch still; ist dies nicht der Fall, so drückt man ganz leicht mit einem kleinen Marleytampon an. Das freie Fadenende, welches eine genügende Länge besitzen muß, wird mit einem Péan gefaßt. Dieser wird außerhalb der Wunde nach der linken Seite gelegt (eventuell nach der rechten). Mit dem zweiten Fadenende fährt man fort, die Venenwände durch eine fortlaufende Naht auf einer Strecke von 5–6 cm zu vereinigen. Das Fadenende wird ebenfalls mit einem Péan gefaßt und nach der gleichen Seite (links) gelegt. Falls die Nahtstiche eine Blutung hervorrufen, sucht der zweite Assistent diese ebenfalls mit Hilfe von Tupfern zu stillen.

5. Die Scherendrähte werden gerade gezogen und die Schere auf das Decktuch gelegt, indem man die letztere in dem freien Raum zwischen beiden Péanbranchen fixiert. Die rechte für die V. portae bestimmte Nadel wird mit einem Péan festgehalten, der zweite Assistent faßt den Silberfaden in einer Entfernung von 20—25 cm von der Nadel und hält ihn gestreckt, den Bewegungen des Operierenden folgend und hauptsächlich dafür sorgend, daß an demselben keine Biegung zustande kommt, denn letztere können beim Durchziehen durch die dünne Venenwand dieselbe einreißen und tödliche Blutung hervorrufen. Die Nadel wird in einer Entfernung von $^1/_2$ cm von der Nahtlinie und $^1/_2$—$^3/_4$ cm vom Nahtende eingestochen und höher oben an

der symmetrischen Stelle ausgeführt. Man öffnet den Péan und faßt zunächst die Nadel, darauf auch den Faden selbst, unterhalb derselben, indem man ihn vorsichtig nach vorn durchstößt. Der Assistent schiebt dabei mit den Fingern der rechten Hand die Leber von der vorrückenden Nadel zurück. Sowohl die Nadel wie der Faden müssen den Fingern des Assistenten entlang gleiten, welcher mit leichten Bewegungen den Faden heranzieht, um dessen Heraustreten zu erleichtern. Das gleiche Verfahren wird mit der zweiten Scherenbranche ausgeführt. Wenn man dabei vorsichtig vorgeht, so entsteht keine Blutung; falls sie aber doch auftritt, gelingt es leicht, sie mit Tupfern zu stillen.

6. In einer Entfernung von 0,5 cm von den durch die Venen durchgeführte Scherenfäden wird die zweite fortlaufende Naht angelegt. Die freien Fadenenden werden mit dem Péan gefaßt und nach der rechten Seite der Bauchwand gelegt.

7. Der Operateur führt den linken Zeigefinger unter das proximale Fadenende der oberen Naht proximalwärts von den Scherenbranchen, indem er mit denselben auch das freie Ende des proximalen Fadens der unteren Naht zurückschiebt, mit der rechten Hand zieht er die Scherenbranchen heraus und streckt dieselben gleichzeitig gerade. Der Assistent hat dafür zu sorgen, daß die Schere derart in der Mitte zwischen der oberen und unteren Naht durchgeht, daß nirgends fremdes Gewebe mitgerissen wird. Allmählich zieht der Operateur die Schere nach außen, indem er dieselbe zunächst nach vorn in den freien Raum der Bauchhöhle voschiebt. In der Regel erfolgt dieser Akt ohne irgend eine Blutung; falls sich jedoch eine solche einstellt, wird sie mittelst Tamponade gestillt.

8. Die freien Enden der oberen resp. unteren Naht werden geknotet und die an die V. portae angelegte Ligatur festgebunden.

Beschränkt man sich auf die Eck'sche Operation, so ist die Leber nicht ganz ausgeschlossen, da die in der Pfortader enthaltenen Substanzen auf einem Umwege doch in die Leberkapillaren durch die A. hepatica gelangen können. Handelt es sich also um völlige Isolierung der Leber, so unterbindet man noch zuletzt die A. hepatica. Letztere stellt einen Ast der A. coeliaca dar, welcher leicht zu finden ist, wenn man von der A. coronaria ventriculi sinistra ausgeht. Man schiebt die kleine Magenkurvatur nach links (vom Hunde aus gerechnet), wobei die A. coron. ventr. sin. gespannt wird, verfolgt dieselbe bis zu ihrer Vereinigungsstelle mit der A. lienalis und steigt weiter in der Richtung der Aorta herauf; hier findet sich die A. hepatica, welche unmittelbar an ihrer Abgangsstelle von der A. coeliaca an zwei Stellen unterbunden wird.

g) Schließung der Bauchhöhle.

Sobald diese oder jene Operation beendigt ist, schließt man die Bauchhöhle, nachdem man sich überzeugt hat, daß nichts (z. B. Tupfer, Klemmen u. s. w.) zurückgelassen worden und daß nirgends Blutung aufgetreten ist. Die Schnittränder werden schichtweise vernäht. Zuerst kommen fest gebundene Knopfnähte an die Muskelwand samt Serosa, dann feinere Nähte an die Haut, wobei nötigenfalls auch unterliegendes Gewebe mitgefaßt wird. Die Hautnaht wird mit Kollodium bestrichen.

Es kann passieren, daß unvorsichtigerweise der Darm in toto von einer der Bauchnähte mitgefaßt wird; dadurch entsteht gewöhnlich eine Fistel. Diese Komplikation ist leicht zu erkennen, da durch die Einstichstelle der Darminhalt auszufließen beginnt. Der Verlauf einer derartigen Komplikation ist ein zweifacher: entweder vergrößert sich die Fistel progressiv und erreicht bedeutende Dimensionen, der Hund verliert dabei viel Chymus, magert ab und stirbt. Es kommt aber auch vor, daß unter dem Einfluß dieser oder jener mechanischen Ursachen die entstandene Fistel komprimiert wird, eine Zeitlang sogar ganz unbemerkt bleibt und erst nach Verlauf einer geraumen Zeit sich durch Darmentleerungen kundgibt. Im letzten Fall ist die Fistel ziemlich eng und führt zu keinerlei ernsten Folgen.

h) Postoperative Periode.

Normaler Verlauf.

Jede beliebige von den geschilderten Operationen hat einen bestimmten normalen Verlauf, wenn sie nur lege artis ausgeführt ist. Nach 12—16 Stunden hat sich der Hund sowohl von der Narkose, als auch von den Insulten der Operation erholt. Das Benehmen der Hunde nach der Operation hängt ab von ihrem Charakter und dem gewöhnlichen Verhalten der Umgebung; im allgemeinen aber ist der Hund ruhig, freundlich und zutraulich. Seine Freundlichkeit zeigt sich in seinem frohen Blicke und im Wedeln; das Zutrauen äußert sich darin, daß der Hund sich proprio motu auf den Rücken legt und seinen verwundeten Bauch zeigt. Der Bauch ist weich und beim Berühren an verschiedenen Stellen gibt er keine Muskelreflexe. Die Nase ist kalt, Puls und Atem sind regelmäßig: der Puls mit den üblichen ungleichen Schlägen hängt dabei vom Atem ab und ist von guter Füllung. Es gibt Fälle, in denen der geschilderte Zustand im Laufe der folgenden Tage, sogar während der ganzen nachfolgenden Zeit unverändert bleibt. Manchmal aber tritt am Ende der ersten 24 Stunden nach der Operation eine leichte Beschleunigung des Pulses (bis 100—120) ein, aber am nächsten Tage kehren

die normalen Verhältnisse wieder zurück. Dies zeugt von einer irgendwo eingetretenen lokalen entzündlichen Reaktion, die aber schnell verschwindet.

β) Anormaler Verlauf.

Wird der postoperative Verlauf anormal, so verändert sich das Bild der subjektiven und objektiven Merkmale; dabei hängt der Charakter dieser Veränderungen von dem sich entwickelnden pathologischen Prozeß ab. Dieser Prozeß kann im großen und ganzen einen akuten, oder subakuten oder chronischen Verlauf nehmen.

1. Zu den akuten Prozessen gehören: a) Blutung, b) Nekrose in der Operationsgegend mit darauffolgender eitriger Peritonitis.

a) Zeigt der Hund bald nach der Operation allgemeine Schwäche (er kann sich nicht selber aufrichten), fängt der Puls an schwach und beschleunigt zu werden, sind Nase und Haut kalt, fühlt man beim Betasten des Bauches eine, wenn auch kaum merkbare Schwellung oder Fluktuation – manchmal tritt dabei Erbrechen ein —, so ist man berechtigt, eine eingetretene Blutung zu vermuten.

b) Für den nekrotischen Prozeß ist die beständige Schläfrigkeit charakteristisch; als ob das Tier von der Narkose gar nicht erwachen kann. Beschleunigter Puls und Erbrechen, das auch ausbleiben kann, sind wenig typisch. Der in großen Pausen eintretende Wechsel des normalen Pulses kann das früheste Symptom von Peritonitis sein.

c) Seltene Fälle ausgenommen, ist das Erbrechen gegen Ende des ersten und am Anfang des zweiten Tages ein augenscheinliches Symptom der eintretenden primären Peritonitis, insbesondere wenn der Bauch gespannt ist, der Puls an Frequenz progressiv zunimmt, der Atem beschleunigt und die Nasenspitze trocken und warm wird. Da man nach dem Puls den Zustand des Tieres genauer als nach der Temperatur beurteilen kann, so ist das Messen der Temperatur nicht notwendig. Man muß im Auge haben, daß ein Hautabsceß dieselben Symptome wie die allgemeine Peritonitis aufweisen kann, aber diese Prozesse sind leicht von einander zu unterscheiden: der oberflächliche Hautabszeß läßt sich leicht konstatieren; den tiefen Entzündungsprozeß erkennt man an dem lokalen Muskelreflex beim schnellen Berühren mit dem Finger dieser oder jener Hautstelle. Anderseits darf man nicht vergessen, daß der Hautabszeß, besonders der tiefe, sich sehr oft in die Bauchhöhle eröffnet, und dadurch allgemeine Peritonitis hervorruft. Pathognomisch für die Peritonitis ist auch das schnelle Abmagern des Hundes. Bei der Peritonitis läßt sich die Prognose dem Zustande des Pulses nach ziemlich sicher feststellen: alle übrigen Merkmale sind wenig zuverlässig. Es

kommen z. B. nicht selten Fälle vor, wo der Hund sich mehr oder weniger leidlich fühlt, die Temperatur nicht sehr hoch, der Appetit nicht schlecht ist, und dennoch geht der Hund schnell ein. Es darf als allgemeine Regel, die nur sehr seltene Ausnahmen zuläßt, gelten, daß die Pulsbeschleunigung über 160 Schläge auf den unabwendbaren Tod des Hundes hinweist. Auch das muß als schlechtes prognostisches Merkmal gelten, wenn der Hund 10—12 Stunden nach der Operation zu heulen, sich zu werfen und von der Kette sich loszureisen beginnt, was auf Bauchschmerzen hinweist. Gewöhnlich führt die Peritonitis 2—3 Tage nach der Operation zum exitus letalis.

Das eben geschilderte Krankheitsbild wird besonders oft in denjenigen Fällen beobachtet, wo dem Hunde eine Operation am Magendarmkanal, vor der Beendigung des Verdauungsprozesses gemacht worden war.

2. Der subakute Verlauf der postoperativen Prozesse kommt viel seltener zur Beobachtung. Hierher gehören: a) lokale Peritonitis, b) Hautabszesse und c) Erkrankung der Respirationsorgane.

a) Subakute Peritonitis erkennt man an denselben Merkmalen wie die akute. Sie unterscheidet sich von der letzteren durch ihren langsamen Entwicklungsgang. Erbrechen, welches für Peritonitis so charakteristisch ist, tritt hier nicht von selbst ein, wie etwa bei dem akuten Verlauf, sondern erst nach Nahrungsaufnahme und dann auch nicht jedesmal. Überhaupt, schlechter Appetit, unbeständiger in seiner Frequenz wechselnder Puls von 140—160 Schlägen, Spannuug des Bauches an einer begrenzten Stelle, Abmagern — alle diese Symptome weisen auf einen, an einer beschränkten Stelle eingekapselten peritonitischen Herd hin. Sehr selten geht dieser Prozeß in Heilung über; gewöhnlich tritt der Tod nach 6—10 Tagen ein.

Nicht selten bleibt bei lokalen Entzündungsprozessen der Puls mehr oder weniger regelmäßig, nicht zu sehr beschleunigt; dann äußert sich aber die beginnende Peritonitis in Unregelmäßigkeiten der Atmung, welche beschleunigter, oberflächlich und erschwert ist.

b) Wird der akute Hautabszeß nicht rechtzeitig geöffnet, so kann sich Decubitus bilden, der für längere Zeit anhalten kann.

c) Unreines Chloroform, ungeschicktes Chloroformieren, endlich die gesteigerte Empfindlichkeit der Schleimhaut der Respirationswege des Hundes, können schon am ersten Tage nach der Operation einen schleimig-eitrigen Ausfluß aus der Nase des Hundes hervorrufen. Nicht selten geht diese Komplikation nach einigen Tagen spurlos vorüber; aber es gibt Fälle, wo sie dauernd anhält, und es entwickelt sich Rhinitis der Entzündungsprozeß kann sich nach unten bis auf die Lungen verbreiten und den Tod herbeiführen.

3. Der chronische Eiterungsprozeß kommt dann vor, wenn die tiefen Nähte, über welchen die Haut ganz verwachsen ist, zu eitern beginnen. Es bilden sich mehrere Eiterherde, die sich allmählich Fistelwege nach außen bahnen. In diesem Falle müssen weite Hautschnitte gemacht und alle affizierten Nähte entfernt werden.

Bei einigen Hunden wird die postoperative Periode durch Bildung von Geschwüren in der Mundhöhle kompliziert, aus welcher sich blutig schleimiger Ausfluß zeigt. Diese Geschwüre schwinden jedoch nach Ätzung mit Höllenstein ziemlich rasch.

Die Pflege der Fistel und die in ihrer Nähe vorkommenden Komplikationen.

Bei normalem Verlauf der Nachoperationsperiode bilden sich Adhäsionen zwischen der angenähten Darmwand und der Bauchwand ziemlich schnell, so daß man schon am folgenden Tag nach der Operation den unteren Gummiring, der dem Metallring anliegt, abschneiden kann, dadurch wird Verwundung der unterliegenden Haut verhütet. Nach 5—7 Tagen wird gleichzeitig mit der Entfernung der Hautnähte auch der zweite Gummiring entfernt und der Metallring an die Fistelröhre ca. $^1/_2$ cm von deren äußerem Rande angelötet. Die Fäden resp. Polsterchen werden beseitigt. Die Nahtstellen werden mit Jodtinktur betupft.

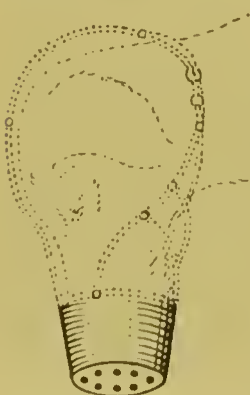


Fig. 7.



Fig. 8.

Der Maulkorb. Läßt man den Hund nach der Operation ohne Maulkorb, so erfolgt selten ein günstiger Verlauf der postoperativen Periode. In den meisten Fällen aber beginnt der Hund schon am ersten Tage an der Röhre zu zerren, und versucht vor allem dieselbe zu knicken, so daß er sie endlich ganz herausreißen kann, abgesehen davon, daß beim Zupfen an der Röhre der Darm durchschneiden, und sich Peritonitis bilden kann. Daher muß man dem Hunde sofort nach der Operation einen Maulkorb anlegen. Am praktischsten ist ein fester Maulkorb mit weiten Löchern an der Basis (Fig. 7). Es kommen aber Hunde vor, die von der Gewohnheit, ihre Exkremente zu fressen, nicht zu entwöhnen sind. Für solche Hunde ist ein fester Maulkorb mit geschlossener Basis mit zwei Reihen von Seitenlöchern am passendsten (Fig. 8).

Divertikelbildung und Herausfallen der Fistelröhre. Die Magenröhren bewahren ihre Lage 5—8 Jahre. Es gibt Fälle, wo auch die Darmröhren ihre Lage im Laufe von mehreren (4—5) Jahren bewahren. Aber dies ist bei den Darmkanülen längst nicht immer der Fall. Es kann als Regel gelten, daß die Kanüle herausfällt, wenn der Hund aus irgend einem Grunde, am häufigsten infolge einer anderen Operation, wie z. B. der Pankreasexstirpation u. dgl. abzumagern beginnt. Hier können zwei Momente, die bei dieser Komplikation von großer Wichtigkeit sind, festgestellt werden. Erstens, bei grober Nahrung wie z. B. Schwarzbrot, Knochen, Sehnen u. dgl. fallen die Kanülen ziemlich frühzeitig heraus, augenscheinlich unter dem Druck der die Fistel passierenden Massen, zweitens spielt hier der geschwächte Tonus der Bauchmuskeln eine Rolle. Es gibt Fälle, wo diese beiden Faktoren gleichzeitig auftreten; z. B. bei der Ausschließung des Pankreassaftes aus dem Darm und bei der Ausschaltung des Magens wird einerseits die Ernährung des Organismus geschwächt, anderseits ist der Gehalt an unverarbeiteten Speiseresten im Darm vermehrt und von kompakterer Konsistenz, als es in der Norm der Fall ist. Es muß überhaupt hervorgehoben werden, daß die Neigung der Fistelröhre zum Herausfallen in der Richtung vom Pylorus zur Ileocoekalklappe sich vermindert.

Es wird hier wohl nicht überflüssig sein zu bemerken, daß man den Pfropfen aus der Fistelröhre mit großer Vorsicht entfernen muß, da sie bei jeder ungeschickten Bewegung verrückt werden kann.

Die Fistelröhre fällt gewöhnlich nicht plötzlich heraus; dieser Prozeß dauert einige Tage, Wochen und manchmal Monate. Sein Beginn kann dem wachsamen Auge des Fachmanns nicht entgehen. Es bildet sich in der Darmwand an der Stelle des inneren Randes der Fistelröhre eine ovale Falte (Fig. 9) und die Röhre verändert infolge dessen ihre normale Lage, indem sie sich nach außen verschiebt. Nicht jede Verschiebung der Röhre zeugt von der Bildung eines Divertikels, da dieselbe manchmal vom inneren Druck abhängt, den z. B. schon ein verwirrter Haarklumpen an der Fistel verursacht. Um sich zu überzeugen, muß man den Pfropfen aus der Röhre herausziehen, dieselbe reinigen und die Darmwand besehen. Bei normaler Sachlage wird der Fistelboden von der Schleimhaut, die dem Röhrenrand dicht anliegt, gebildet. Ist die Röhre eine zweikammerige, so bildet die Darmwand an der Stelle des Scheidewandvorsprunges, dem sie dicht anliegt, eine Einstülpung. An dem Röhrenrand sieht man beiderseits je eine trichterförmige Vertiefung (*a*) — das sind die Lumina der ab- und zuführenden Darmschlinge (Fig. 10). Das Aussehen des Fistelbodens beginnt sich zu verändern,



Fig. 9.

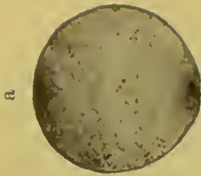

Fig. 10.


Fig. 11.


Fig. 12.

sobald das Divertikel sich zu bilden anfängt. Die Darmwand wird entweder an irgend einer Seite (Fig. 9) oder an der ganzen Fläche des Röhrenrandes (Fig. 11) verschoben. An der Verschiebungsstelle zeigt sich ein kleiner walzenförmiger Vorsprung (*b*), welcher je nach dem Sachverlaufe entweder mit Mukosa bedeckt ist, oder Granulationsgewebe darstellt (Fig. 11). Je nachdem die Darmwand von der Röhrenwand verschoben wird, entsteht ein immer mehr sich verengendes trichterförmiges Hälschen, dessen Lichtung sich ganz zuzuschließen strebt (Fig. 12). Fällt die Kanüle heraus, bevor noch das Hälschen sich zugeschlossen hat, so bildet sich eine breite Fistel, durch welche das Tier Verdauungssäfte und Chymus verliert, was häufig Erschöpfung und den Tod herbeiführt. Schließt sich aber das Divertikelhälschen bevor die Kanüle herausgefallen ist, so folgt eine schnelle Zusammenziehung und Zudeckung der Fistelwände. Manchmal, obwohl selten kommt es vor, daß das Divertikelhälschen ganz verwächst und die Kanüle, ohne sich sogar nach außen vorzuschieben, an Ort und Stelle bleibt.

Überwucherung der Kanüle durch die Haut. Die Bildung des Divertikels und das Herausfallen der Fistelröhre sind zweifellos Prozesse, die den Charakter der Selbstverteidigung des Organismus tragen. Es läßt sich annehmen, daß auch die Überwucherung der Fistelröhre durch die Haut denselben biologischen Charakter hat. Der Unterschied besteht darin, daß dort die ununterbrochene Integrität der Darmfläche, hier aber die der Hautfläche hergestellt wird. Die Selbstverteidigung des Tieres richtet sich, wie es scheint, meistenteils nach dem Umfange des äußeren Röhrenringes. Ist der letztere klein, so schiebt er sich allmählich nach innen hinein, und wenn er hinter die Hautöffnung kommt, so beginnt sich dieselbe über ihm zusammenzuziehen und verdeckt in kurzer Zeit (5—7 Tage) ganz das Ringchen, so daß letzteres keine Spuren an der Hautoberfläche hinterläßt. Bei einem weiteren Ring aber bildet auch mitunter die Haut, indem sie anwächst, eine Falte über ihm; wenn dieselbe sich zusammenzieht, so versteckt sie gänzlich die Kanüle.

Stehen wir dem Prozesse des Herausfallens der Kanüle gänzlich ratlos gegenüber, so können wir dagegen das Überwachsen der Kanüle mindestens durch Abschneiden der Falten bekämpfen. Aber das ist meistenteils nur ein Palliativ, da jede über der Kanüle entstandene Narbe sich zusammenzuziehen und die Kanüle zu verdecken strebt. Man muß zum zweiten Mal die Falte abschneiden u. s. w.

Der Darmprolaps durch die Fistelröhre. Dieser Komplikation begegnete man bis jetzt nur im oberen Ileum. Während des Versuches, wo der Hund durch die offene Fistelröhre excernierend im Gestelle steht, beginnt bei ihm plötzlich, ohne irgend welchen sichtbaren Grund, der Darm in einen untergehängten Kolben herauszufallen. Bemerkt man dieses rechtzeitig, so läßt sich der Darm mit Hilfe einer leichten Massage leicht reponieren. Sofort nach der Reposition muß man in die Röhre eine Prothese, die sich an der Stelle ex-tempore aus Metalldraht machen läßt, einführen. Hat sich der Prolaps einmal gebildet, so wiederholt er sich bei allen folgenden Versuchen mit offener Fistel, und daher ist es besser, jedesmal sofort nach der Fistelöffnung eine Prothese einzuführen. Denn es kann etwas Irreparables geschehen; schwillt der herausgefallene Darm an infolge von Stauung, so stirbt er, obwohl man ihn unter Narkose mit Mühe reponieren kann, leicht ab und der Hund geht nach einigen Tagen ein.

Pfortaderfistel.

Bei der Eck'schen Operation gelangt das Blut unter Umgehung der Leber durch die Hohlvene in den allgemeinen Blutstrom. Durch Untersuchung des peripheren Blutes könnte man daher beim Eck'schen Hund diejenigen Bestandteile des Pfortaderblutes ausfindig machen, die normaler Weise von der Leber zurückgehalten resp. verarbeitet werden. Einerseits wird jedoch das Pfortaderblut durch den Übergang in den allgemeinen Blutstrom stark verdünnt, anderseits passiert es, bevor es in die peripheren Gefäße gelangt eine Reihe von Organen, was die Orientierung erschwert. Die Pfortaderfistel[44]) gibt die Möglichkeit, das Blut unmittelbar aus den Darmvenen zu erhalten.

Es versteht sich von selber, daß das Probeblut im Moment der stärksten Resorption im Darm entnommen werden muß. Um diesen Moment richtig abpassen zu können, muß der Hund eine Darmfistel haben. In Berücksichtigung dessen muß für die Anlegung einer Pfortaderfistel ein Hund genommen werden, dem vorher eine Darmfistel angelegt worden war und der sich von dieser Operation vollkommen erholt hat.

Die Form der Glaskanüle (Fig. 13), der Gesamtkanüle (Fig. 15) sowie des Stöpsels (Fig. 14) (aus hohlem Glas) ist auf den beigefügten Zeichnungen dargestellt.

Da bei verschiedenen Hunden der Durchmesser der v. lienalis, an deren Einmündungsstelle die paraffinierte Glaskanüle in die Pfortader eingeführt wird, verschieden ist, so müssen während der Operation Kanülen, bei denen der in die Vene einzuführende abgebogene Teil (Fig. 13 a)

einen Durchmesser von 0,5—0,7—0,9—1,1 cm hat, vorrätig gehalten werden. Ist die Kanüle eingeführt, so muß man sich davon überzeugen,



Fig. 13.



Fig. 14.

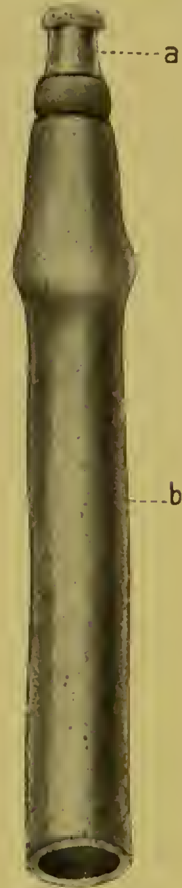


Fig. 15.

daß dieselbe in der Pfortader und nicht in der Mündung der Vena linelis steckt. Im letzteren Falle erfolgt eine Einschnürung, die den Ausfluß des Blutes hindert. Vor der Einführung der Kanüle wird die v. portae auf Ligaturfäden genommen und die v. lienalis in einer Entfernung von ca. 1,5 cm von der Einmündungsstelle in die Pfortader unterbunden. Die eingeführte Glaskanüle wird sofort unterbunden, und die entsprechenden Fäden beider um die Vena lienalis angelegten Ligaturen werden beiderseits zusammengeknotet.

Der dickwandige Gummischlauch (Fig. 15 b) wird mit dem Netz umhüllt, welches an der Adventitia der Pfortader mit einer Naht fixiert wird. Dann folgt das Herausleiten der Kanüle nach außen durch eine besondere seitliche Öffnung, welche 2—3 cm nach rechts von der Medianlinie des Hundes angelegt wird. Dabei muß darauf geachtet werden, daß der in der Bauchhöhle bleibende Teil des Gummischlauches gestreckt ist. Wird in der Bauchhöhle ein zu langer Abschnitt der Kanüle gelassen, so liegt er in einem Bogen, wobei die Kanüle in das Lumen der

Pfortader hineingedrängt wird; es erfolgt darnach eine Thrombose des ganzen Pfortadersystems mit tödlichem Ausgange, der einige Stunden nach der Operation eintritt. Das Gummirohr muß in der Öffnung der Bauchwand fixiert werden; dieses wird erreicht durch zwei seitliche Ligaturen, die in querer Richtung durch die Wand des Gummirohrs und durch die Bauchwand beiderseits vom Schnitt hindurchgeführt werden. Die gleichnamigen Fäden beider Ligaturen werden zusammengeknotet, infolgedessen die Haut das Gummirohr dicht umgibt. Oberhalb dieser umwindenden Ligatur entsteht ein kleiner Wall aus der zusammengezogenen Haut.

Obgleich die Kanüle paraffiniert ist, so bildet sich in ihr dennoch ein Verschlußthrombus. Um Blut aus der Vena portae zu entnehmen, wird der Stöpsel aus dem Gummirohr entfernt, die Kanüle durch einen entsprechenden Mandrin gereinigt, und falls Blutfluß ausbleibt, vermittelst einer 50 ccm fassenden Spritze mit sterilisierter physiologischer Kochsalzlösung ausgespült, darauf die Spritze in die Gummikanüle eingeführt und physiologische Kochsalzlösung in die Vene injiziert; hierbei löst sich das vorhandene Coagulum ab, es fließt zunächst die Waschflüssigkeit aus, worauf auch die Blutabsonderung beginnt. Findet letztere nicht statt, so ist es ein Zeichen, daß die Kanüle in der Vene geknickt worden ist; in diesem Falle muß die Lage des Hndes ausfindig gemacht werden, in welcher die Kanüle nicht mehr geknickt ist und das Blut ausströmt.

Die Pfortaderkanüle fällt gewöhnlich nach 12—14 Tagen in derselben Weise wie die Darmfistel heraus, wobei keine Blutung zu Stande kommt und der Hund leben bleibt. Geschieht es aber in den ersten Tagen nach der Operation, so geht der Hund unter Blutverlust zu Grunde

---

II. Die experimentelle Methodik.

Pflege der Hunde.

1. Nach sämtlichen beschriebenen Operationen bleiben die Hunde 2 Tage lang ohne jede Nahrung. Am 3. Tage bekommt ein mittelgroßer Hund viermal täglich je 100 ccm Milch; am 4. Tage viermal à 100 ccm. Milch und 50 gr. feingehacktes Fleisch; dann vergrößert man, entsprechend dem Zustand des Tieres, nach und nach die Nahrungsmenge, bis die normale Ration erreicht wird.

Bei chymologischen Studien müssen die Hunde mit leichter und gut verdaulicher Nahrung reichlich gefüttert werden. Milch, gehacktes

Fleisch und in Wasser gut geweichtes Weißbrot. Sonst ist es sehr schwer, die Diät derart zu regulieren, daß der Verdauungstraktus im nötigen Momente vollkommen leer ist.

2. Da den Hunden durch den Maulkorb die Möglichkeit sich zu belecken entnommen ist, so müssen sie öfters — wenigstens einmal wöchentlich — gebadet werden (in Creolinwasser).

Zum Bestreichen der Wunden und zur Behandlung der Krätze sind desinfizierende und adstringierende Salben zu empfehlen. Gute Dienste leistet z. B. folgende Salbe: Menthol 0.1, Acidi salicylici 0.3, Zinc. oxydati, Amyli tritici aa. 6.0, Vaselini, Lanolini aa. 15.0.

Bevor man die geschilderten Versuche mit dem operierten Hunde anstellt, muß man ihn erst lehren, sich an dieselben zu gewöhnen. Dies unternimmt man selbstverständlich nur dann, wenn der Hund sich von der Operation ganz erholt hat, wenn alle Verletzungen geheilt, der Puls normal und der Appetit gut geworden sind. Gewöhnlich tritt dies 2—3 Wochen nach der Operation ein. Vor allem muß man den Hund lehren, sich an das Gestell zu gewöhnen. In diesem Punkte lassen sich individuelle Unterschiede wahrnehmen. Es kommen selten Hunde vor, die von Anfang an sich ruhig im Gestell verhalten. Solche bleiben in ihm 12—14 Stunden stehen, ohne irgend welche Aufregung zu verraten. Gewöhnlich aber fangen sie sofort an, sich hin- und herzuwerfen, um sich vom Gestell zu befreien. Zur Beruhigung muß man Maßregeln ergreifen; dabei genügen schon für einige Hunde Liebkosungen, auf andere aber wirken nur Schläge. Nur in Ausnahmefällen gewöhnen sich Hunde an das Gestell überhaupt nicht und sind die ganze Zeit aufgeregt, werfen sich hin und her und heulen. Solche Hunde passen ganz und gar nicht für chymologische Untersuchungen. Die Erfahrung zeigt, daß, wenn der Hund unruhig ist, der Verdauungsprozeß bei ihm von der Norm abweicht.

Man stellt mehrere Orientierungsversuche an, bis man ganz gleichmäßige Resultate gewinnt.

Das sind allgemeine Thesen. Jede Art von Versuchen erfordert aber zu ihrer erfolgreichen Durchführung eine spezielle Anordnung.

Um möglichst gleichartige Resultate zu gewinnen, hat man die tägliche Nahrungsportion jedesmal um eine und dieselbe Stunde zu geben und auch die Versuche möglichst um eine und dieselbe Zeit, am besten frühmorgens, anzustellen.

a) Magenfistelhund.

1. Die Magenfistel wird häufig als Hilfsmittel benutzt, um sich zu überzeugen, ob der Magen leer ist. Man zieht den Propfen heraus und

wenn aus der Fistelröhre nichts herausfließt, und die Reaktion der Schleimhautoberfläche auf Lackmuspapier schwach alkalisch ist, so kann der Magen ohne weiteres wieder verschlossen werden. Kommen Speisereste heraus (vorausgesetzt, daß der Pfropfen das ganze Lumen der Fistelröhre ausfüllt), so schließt man den Magen und wartet ab, bis er sich entleert hat.

Da der Magen auch im nüchternen Zustande periodisch zu sezernieren pflegt, so beobachtet man meistenteils beim Öffnen der Fistel das Ausfließen von mehr oder weniger reichlichem Magensaft mit Beimengung von Schleim, Speichel und Duodenalsäften. In diesem Falle untersucht man vor allem .mit dem kleinen Finger die Magengegend hauptsächlich in dem proximalen Fundusteil. Konstatiert man Speisereste, so wird der Magen mit warmem Wasser gründlich ausgespült, die Fistelröhre mit einem eine Glaskanüle führenden Pfropfen geschlossen und die Sekretion aus der Kanüle beobachtet. Stockt dieselbe, so schreitet man zum Versuch. Ist aber der Magen von Speiseresten frei, so macht man von der Propfenkanüle Gebrauch, ohne den Magen auszuspülen.

Während der Sekretionsperiode leistet der leere Magen eine stärkere motorische Arbeit. Davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man zum Beispiel die Schnelligkeit, mit der sich der Magen von einer Zuckerlösung befreit, im Ruhezustande mit derjenigen in der Sekretionsperiode vergleicht.

Mit einem Wort, um gleichmäßige Versuchsbedingungen zu schaffen, ist es vorteilhaft, jeden Versuch bei völligem Ruhezustande des Magens zu beginnen.

2. Will man Magensaft aus der Magenfistel gewinnen, so verfährt man folgendermaßen: Man öffnet die Fistelkanüle, spült, falls nötig, den Magen gründlich mit warmem Leitungswasser aus und gibt dem Hunde allmählich 20—30 Stücke Sehnen mit Fett. Die verabfolgten verdauten Stücke kommen bald wieder durch die Fistelöffnung heraus. Sobald alle Stücke entfernt sind, verschließt man die Röhre mit einem Pfropfen, welcher mit einer bogenförmigen Glaskanüle versehen ist. Nach Verlauf von 5—6 Minuten beginnt die Sekretion des Magensaftes. Sie dauert ca. $1^1/_2$—2 Stunden. Der so gewonnene Magensaft ist mit Speichel vermengt. Hoffentlich wird es gelingen, mit Hilfe einer an der Speiseröhre angelegten Fistelröhre die sogenannte Pawlow'sche Scheinfütterung durchzuführen, um auf diese Weise größere Mengen speichelfreien Magensaftes zu gewinnen.

Der durch die Magenfistel erhaltene Saft wird nicht selten durch die aus dem Duodenum regurgitierenden, transpylorischen Säfte verunreinigt. Diese Säfte können mittels transpylorischer Fistelröhre nach

außen abgeleitet werden; auf diesem Wege wird der Übergang in den Pylorusteil vermieden.

3. Handelt es sich darum, den Verdauungsgang zu unterbrechen, um gewisse Mengen des Mageninhaltes zu gewinnen, so öffnet man zur gewünschten Zeit die Fistelkanüle und läßt den Mageninhalt in das untergestellte Gefäß fließen. Ist der Mageninhalt breiig oder flüssig, was gewöhnlich unter normalen Verhältnissen in der späteren Verdauungsperiode auch bei festen Speisen der Fall ist, so geht die Ausscheidung von selbst vor sich. Ist aber die Speise noch wenig verdaut, so muß man sich gleich von Anfang an damit helfen, daß man auf die rechte Seite der Bauchwand (die Fistel wird in der Regel an der linken Seite angelegt) stark mit der Hand drückt, und zwar in der Richtung zur Fistel. Die Massage der Bauchwand befördert aber die Sekretion durch die Fistel nur so lange, wie der Magen noch mäßig gefüllt ist. Bleibt die günstige Wirkung der Massage aus, so nimmt man die Entleerung mit dem kleinen Finger der rechten Hand vor.

Die letzten Reste des Mageninhaltes werden mit Wasser ausgespült. Die Ausspülung geschieht am besten in der Weise, daß man einen Trichter mittelst eines entsprechend langen Gummirohrs mit der Glaskanüle des Fistelrohrpfropfens verbindet und $^1/_2$—1 Liter Wasser in den Magen eingießt. Beim Öffnen der Fistelröhre strömt das Wasser mit den Speiseresten heraus. Man wiederholt die Ausspülung, bis das Wasser ganz klar ist.

Ganz in derselben Weise werden Flüssigkeiten dem Magen zu- und abgeführt, wenn dieselben per os nicht eingeführt werden sollen oder können. Ist die Flüssigkeit eingeführt, so wird für die Versuchszeit der Schlauch bei der Pfropfenkanüle abgeklemmt. Der Trichter wird am Querbalken des Gestells befestigt. Zur Aufnahme der Magenflüssigkeit wird der Trichter abgebunden, das Gummirohr von der Klemme befreit und unter Drehung der Fistelröhre um die Achse die Flüssigkeit aufgefangen.

Kommt es nicht auf die Menge des gewonnenen Mageninhaltes an, sondern wünscht man nur eine Probe desselben für qualitative Bestimmungen zu erhalten, oder sammelt man Magenverdauungsprodukte für weitere Untersuchungen, so verfährt man folgendermaßen: Man schließt die Fistelröhre mit einem Pfropfen, in dessen Mitte eine bogenförmige, möglichst weite Glaskanüle mit einem durch eine Klemme geschlossenen Gummischlauch angebracht ist. Aus dieser Röhre werden zu verschiedenen Zeiten während der Verdauung herausfließender Magenbreiportionen gewonnen. Man kann auch den gesamten Mageninhalt aus der geöffneten Fistel herausfließen lassen, nimmt dann die nötige Menge, der Rest wird dem Hunde per os oder per fistulam einverleibt.

Wir müssen übrigens bemerken, daß der Hund im Gestell frei stehen muß. Ist er zu sehr in die Länge gezogen, so hebt sich die Kanüle, wie gut sie auch dem umgebenden Gewebe anliegen möge, von demselben ab und kann unter solchen Umständen die Flüssigkeit aus dem Magen durchlassen.

Bestimmung der Durchgängigkeit des Pylorus.

Am zweckmäßigsten erscheint folgendes Verfahren:

Aus rohen Kartoffeln werden mit Hilfe entsprechender Küchenlöffelchen mehrere Serien von Kügelchen hergestellt, die verschiedene Durchmesser haben: von 0,5 bis 2,5 mm. Es genügt, von jeder Serie 5 Stück zu nehmen; man mischt sie untereinander und führt sie durch die Kanüle in den leeren Magen ein. Nach Verlauf von 6—8 Stunden wird die Kanüle geöffnet und der Inhalt gewonnen. Jetzt werden diejenigen Serien bestimmt, von denen kein einziges Kartoffelkügelchen in den Darm gelangt war. Nach dem größten Durchmesser der in den Darm übergegangenen Kügelchen wird die Breite des Magenausganges bestimmt. Dieser Durchmesser beträgt bei einem Hunde mittlerer Größe 20 mm.

Es muß jedoch bemerkt werden, daß erstens mit der Zeit die oberflächliche Schicht der Kügelchen im Magen erweicht wird, sodann daß kleinere Kügelchen, augenscheinlich unter dem Einfluß des Zusammenstoßens mit größeren, Deformationen unterliegen können, zumal wenn ihre oberflächlichen Schichten mehr oder weniger erweicht werden.

b) Darmfistelhunde.

Für die Versuche an den Darmfistelhunden sind einige spezielle Vorrichtungen nötig:

1. Ballonapparate. Es sind zwei Arten von Ballonapparaten ausgearbeitet worden, welche den Forderungen der Methode der temporären Isolierung entsprechen.

a) Knieförmig gebogener (Fig. 17).

b) gerader (Fig. 16).

Diese Ballons werden von der Genossenschaft der russisch-amerikanischen Gummiwarenmanufaktur (St. Petersburg, K. Malm, Morskaja, 34) angefertigt.

Der Ballonapparat ist aus folgenden Teilen zusammengesetzt: einer dickwandigen Gummiröhre (a), durch welche die Infusionen in den Darm vorgenommen werden; einem Ballon (b), welcher im Darmlumen durch die Röhre (c) aufgebläht wird. Um einen klaren Einblick in die Methode der An-

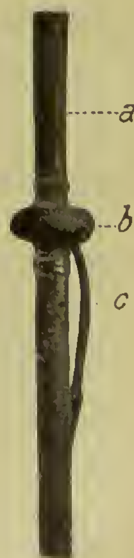


Fig. 16.

wendung des Ballonapparates zu gewinnen, wird hier die Figur 17 beigefügt. Sie zeigt, wie die Röhren a und c des Ballonapparates durch Vermittlung von Glasröhren, welche einen in die Fistelröhre eingestellten Pfropfen durchbohren, mit der äußeren Umgebung in Verbindung stehen. Der Pfropfen, welcher von den Glasröhren durchbohrt wird, muß aus Kork, nicht aus Gummi sein, denn ein Gummipfropfen läßt sich sehr schwer an die Fistelröhre derartig anpassen, daß er dieselbe dicht schließt und keine Flüssigkeit aus dem Darmlumen durchläßt. Der Korkpfropfen soll mehrere Tage vor der Operation angepaßt werden. In die entsprechende Fistelröhrenlichtung eingeführt, wird der Pfropfen mit der Röhre in Wasser gekocht und dann einige Tage trocknen gelassen. Der Pfropfen verdichtet sich und nimmt eine konstante, dem Lumen der Fistelröhre genau entsprechende Form an. Dann bohrt man Öffnungen, durch welche die Glasröhren eingeführt werden. Für das zum Ballon führende Gummiröhrchen wählt man ein enges Glasrohr (2 mm), für das zu Infusionen dienende Gummirohr nimmt man dagegen ein etwas weiteres Glasrohr (3 mm) und für das Ableitungsrohr, welches zur Ableitung der auf der Strecke zwischen dem aufgeblähten Ballon und der Fistelröhrenscheidenwand ins Darmlumen sezernierten Säfte dient, wird ein möglichst weites Glasrohr (4–5 mm) gewählt.

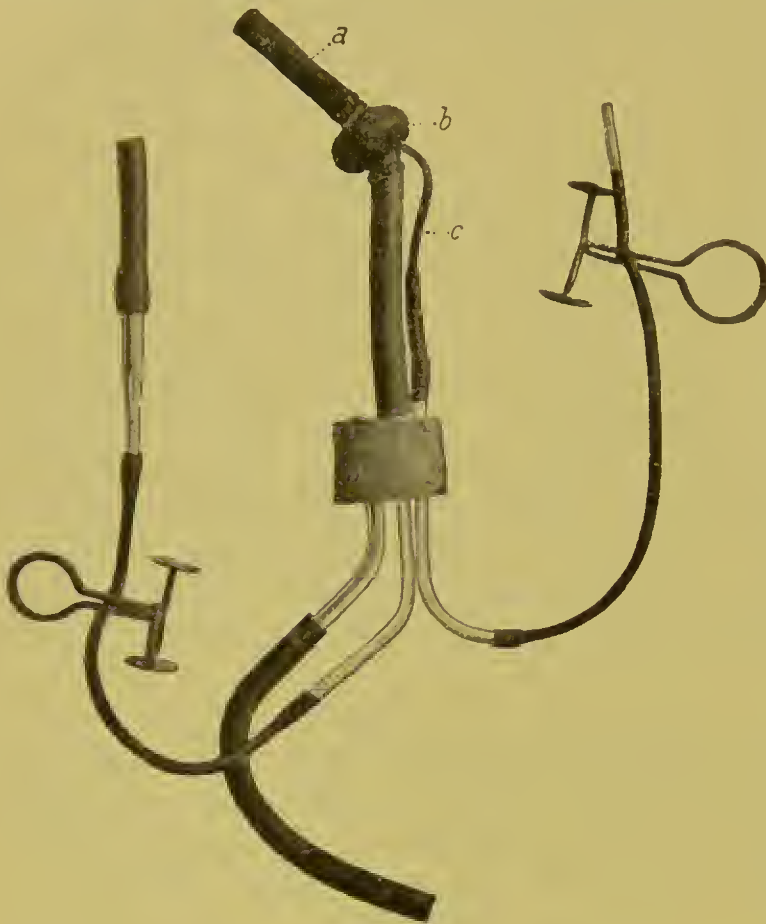


Fig. 17.

2. Ableitungsglasgummirohr. Diese einfache Vorrichtung wird folgendermaßen gemacht. Man bohrt den von vornherein angepaßten und verdichteten Fistelröhrenkork durch und führt in die Öffnung ein

Glasröhrchen ein, an dessen äußerem Ende ein Gummiglasrohr angebracht ist.

3. Weithalsiges Kölbchen mit Fixierungsgummischläuchen (vergl. Fig. 24 k).

c) Pylorushund (Fig. 18).

Mit dem Namen Pylorushund wird ein Hund bezeichnet, welchem eine zweikammerige Fistelröhre hart hinter dem Pylorus (P, Fig. 19) angelegt worden ist. Die Pylorusfistel verfolgt verschiedene Zwecke.

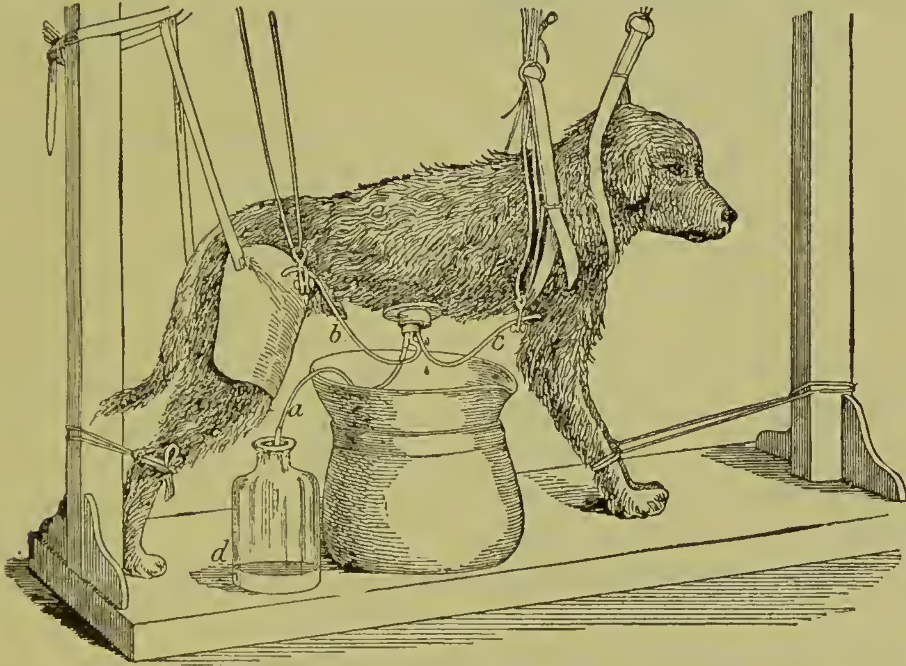


Fig. 18.

1. Gewinnung von Verdauungsprodukten des Magens. In den Darm wird der Ballonapparat durch die distale Röhrenhälfte eingeführt (Fig. 19, b). Unter die Fistel wird eine breite Schale mit Eis und auf Eis gestellt. Der Hund wird gefüttert und wenn die Exkretion aus der Fistel beginnt, fängt man an, von Zeit zu Zeit saure Verdauungsprodukte in den Darm portionsweise zu infundieren (Fig. 19, a), denn sonst entleert sich der Magen zu schnell und die Speise wird nur in geringem Maße verdaut. Entweder führt man den

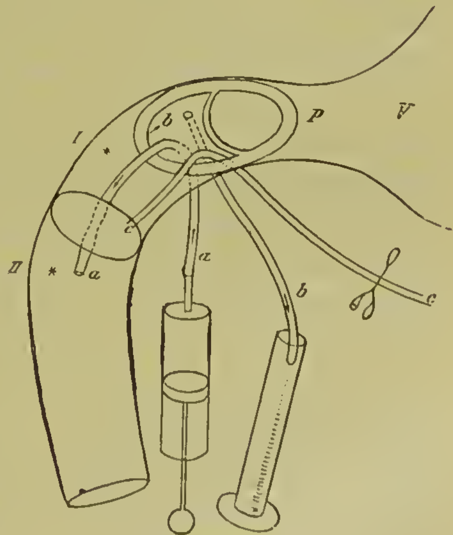


Fig. 19.

von demselben Hunde in einem Vorversuch genommenen Magenbrei oder Produkte der Pepsinverdauung in vitro ein, oder — was auch am einfachsten ist — eine 5%ige Pepton (Witte) lösung in $^{1}/_{10}$ normaler Salzsäurelösung. Zur Herstellung der Pepsinverdauungsprodukte verfährt man in der Weise, daß man 100—200 g fein geschabtes Fleisch mit 500 cm^3 natürlichem oder künstlichem Magensaft bei 38° C im Verlauf von 12—24 Stunden verdauen läßt. Man läßt den Verdauungsbrei durch ein feines Sieb durch und spritzt denselben ins Duodenum ein. Wird die Ausscheidung aus der ersten Papille (I, Fig. 19) auf irgend eine Weise unterhalb des Ballons nicht abgeleitet, so wird das in das Gefäß *d* (Fig. 18) resp. *b* (Fig. 19) sich ergießende Säftegemisch (Galle u. Pankreassaft) dem Infusionsbrei beigemengt.

Sicherheitshalber färbt man den Injektionsbrei mit einer Methylenblaulösung. Läßt der Ballon zufällig nach, so bemerkt man dies gleich am Blauwerden der abfließenden Flüssigkeit.

Das Anfärben der Injektionsflüssigkeit soll überhaupt bei der Anwendung des Ballonapparates nie unterlassen werden.

2. Quantitative Untersuchungen der Magenverdauung resp. Magenresorption. Man verfärbt je nach der Fragestellung unter Berücksichtigung der oben angeführten Kautelen. Will man aber den Versuch möglichst nahe zur Norm anstellen, so verfährt man am besten folgendermaßen: Zuerst bestimmt man im Vorversuch durch Öffnen der Fistel die Dauer der Magentätigkeit bei der betreffenden Speisezufuhr. Stellt man nun den Verdauungsversuch an, so wird nebenbei noch ein zweiter dem Versuchshund ähnlicher Fistelhund mit derselben Speise gefüttert. Bei beiden Hunden werden die Produkte der Fistelexkretion gesammelt, indem die Magentätigkeit beim Kontrollhund mittels künstlicher Verdauungsflüssigkeit, beim Versuchshund durch allmähliche Zufuhr von Magenexkretion des Kontrollhundes geregelt wird.

3. Verfolgung der Gallenabsonderung. Zu diesem Zwecke muß selbstverständlich beim Fistelhund der erste Pankreasgang (resp. eventuelle Nebengänge) beseitigt sein.

Der Versuch besteht darin, daß die Galleausscheidung unter steter Weiterbeförderung des ausfließenden Magenbreies registriert und in aliquoten Teilen untersucht wird. Der größte Teil der Galle wird weiter befördert.

d) Polychymotischer Hund.

Bei diesem Hund ist in das Duodenum unter Ausschaltung des 1. Pankreasganges eine zweikammerige Fistelröhre eingeführt, wobei die Scheidewand zwischen der 1. und 2. Papille gelegen ist (Fig. 20, I u. II). Die Versuchsanordnung ist folgende:

1. Im Gestell fixiert wird der Hund gefüttert. Kurze Zeit nach der Nahrungsaufnahme beginnt aus der proximalen Kammer der Mageninhalt auszufließen. In diese Kammer mündet auch die erste Papille, welche, solange die Entleerung des Magens vor sich geht, regelmäßig geschlossen bleibt. Der in einer bestimmten Zeit ausgeschiedene Mageninhalt wird gemessen, und in einer Portion desselben (ca. 1—2 ccm) wird der Säuregehalt, der Stickstoff und dergl. bestimmt. Die übrige Menge des Mageninhaltes wird allmählich in den Darm zurück gebracht (*a*). Als Folge davon sieht man die Magenentleerung sistieren und aus der ersten Papille die Absonderung der Galle, aus der zweiten des pankreatischen (*b*) Saftes, gesondert oder gleichzeitig in Erscheinung treten. Die Galle wird durch die proximale Fistelkammer und der Pankreassaft durch die distale Kammer ausgeschieden.

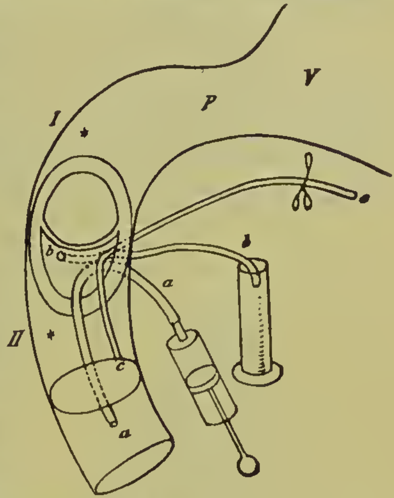


Fig. 20.

Aus den gewonnenen Sekreten werden kleine Proben entnommen zur Anstellung von verschiedenen Proben. Der Rest wird mit dem neu ausgeschiedenen Mageninhalt vermengt und wieder in den Darm übergeführt u. s. w. Mit einem Worte, durch die beschriebene Versuchsanordnung ist es möglich über die Hauptsekrete der Verdauungsdrüsen (Magensaft, Galle und Pankreassaft) einzeln zu verfügen nnd die qualitativen bezw. quantitativen Verhältnisse festzustellen.

Um den normalen Verhältnissen möglichst nahe zu kommen, ist es ratsam, die gesammelten Sekrete häufiger, in den Darm zurück zu befördern (ungefähr alle $^1/_4$-Stunde).

Für relativ quantitative Versuchsserien eignet sich die Methode ganz gut.

Bei einigen Hunden mengt sich die Gallensekretion dem Magenbrei bei. Bei diesem Umstande fallen die Gallenwerte weniger genau aus.

2. Der polychymotische Hund eignet sich außerdem für die Gewinnung von großen Saftmengen (Galle, Pankreassaft). Die Versuchsanordnung ist dann eine ganz einfache. Man führt in den Darm durch das betreffende Rohr eine salzsäurehaltige (0,2°/$_0$) Lösung von Eiweißverdauungsprodukten (5°/$_0$) ein. Dazu eignen sich am besten wasserlösliche-unkoagulierbare Chymusprodukte bei Eiweißfütterung. Man füttert einen Jejunumfistelhund mit Fleisch, öffnet zeitweilig die Fistel und sammelt den ausfließenden Chymus. Der Chymus wird mit Essigsäure schwach angesäuert, durch Wasserdampf aufgekocht, filtriert und

das Filtrat auf dem Wasserbade und nachher im Vakuum über Schwefelsäure getrocknet.

Die aufgefangenen Säfte werden über breite flache Teller in dünner Schicht gegossen und bei 20°—25° C (unter einem warmen Brutschrank) oder bei Zimmertemperatur im Vakuum getrocknet. Die auf diese Weise rasch getrockneten Verdauungssäfte (Pankreassaft, Darmsaft) bewahren ihre fermentative Eigenschaften in trockenem Gefäß unendlich lange.

e) Resorptionshund (Fig. 21 u. 22).

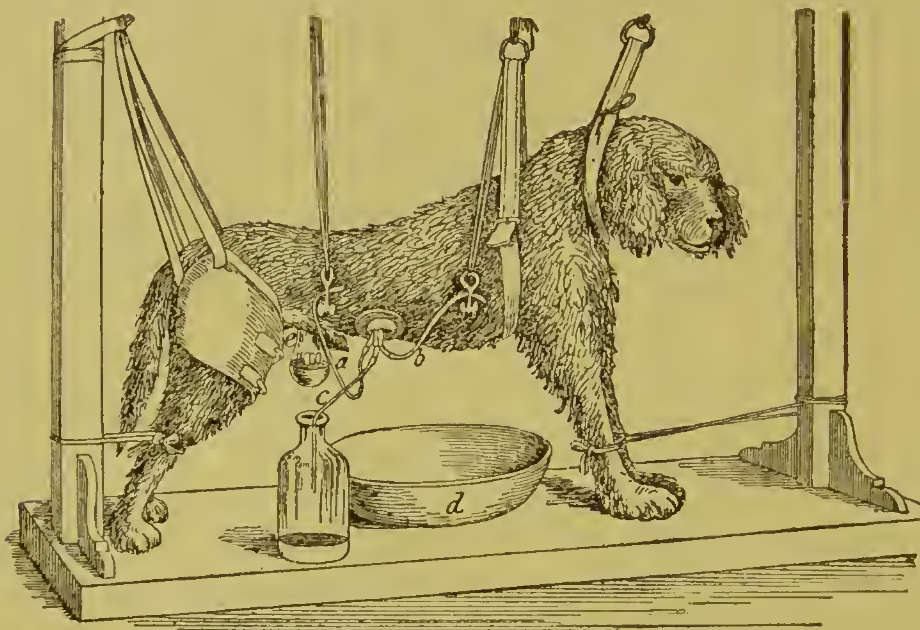


Fig. 21.

Nach 24-stündigem Fasten wird der Resorptionshund in der üblichen Weise ins Gestell getan, beide Fisteln geöffnet und gereinigt; in die distale Kammer der Duodenalfistel wird der Ballonapparat eingeführt, der Ballon aufgebläht und das Ableitungsrohr mit einem Glasgefäß verbunden (Fig. 21, c.) In dieses Gefäß fließt der sich während des Versuches absondernde Darmsaft. Da die Injektionsflüssigkeit auch hier mit Methylenblaulösung angefärbt werden muß, so läßt sich durch das Ableitungsrohr kontrollieren, ob nicht etwa infolge eventueller Balloninsuffizienz ein Teil der eingeführten Lösung über den Ballon zurückströmt.

Nun wird der auf seine Resorptionstätigkeit zu prüfende Darmabschnitt, welcher sich zwischen beiden Fisteln befindet, zwecks Entfernung der in ihm zurückgehaltenen, aus dem Duodenum stammenden Verdauungsstoffe, mit ca. 100—200 ccm einer auf 39° C. erwärmten physiologischen (0,85 %) Kochsalzlösung durchgespült. Man führt dieselbe durch das Injektionsrohr in Portionen von 20 ccm alle 3 Minuten ein; die aus

der Terminalfistel ausfließende Flüssigkeit wird in ein mittels eines Gummischlauches an der Fistel befestigtes Glaskölbchen (Fig. 21, d u. Fig. 22, 2) aufgefangen. Nach einigen Minuten beginnt die Ausscheidung aus der Distalfistel, die ruckweise oder tropfenweise vor sich geht, wobei die wasserklare Kochsalzlösung gewöhnlich infolge von verschiedenen Beimengungen aus dem Darm ein trübes, rahmartiges Aussehen bekommt. Dabei wird eine fast vollkommene Entfernung der Duodenalfermente aus dem Resorptionsabschnitt erzielt, was nötigenfalls jedes Mal durch geeignete Proben (z. B. die Caseinprobe) kontrolliert werden kann.

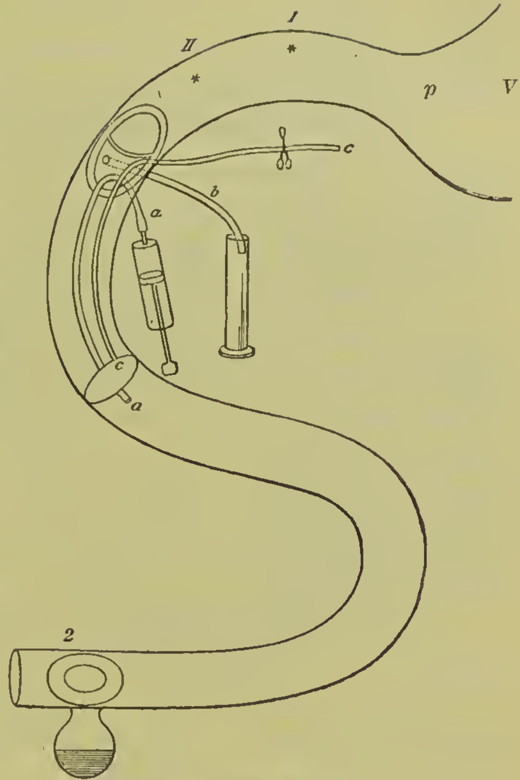


Fig. 22.

Die Einführung von Kochsalzlösung wird häufig durch eine rege Absonderung von Duodenalverdauungssäften begleitet, die aber unter Umständen auch ausbleiben kann; dieselben gelangen in eine darunter stehende Porzellanschale. Wenn im Laufe von 20—30 Minuten nach der Kochsalzinfusion aus der Distalfistel nichts mehr zum Vorschein kommt, wird der Kolben gewechselt und man schreitet jetzt zum eigentlichen Versuche.

1. Die Versuchslösung wird auf 39° C. auf dem Wasserbade erwärmt und in Portionen von 20—50 ccm in den Darm eingeführt, wobei dieselben ruckweise in Menge von 2—5 ccm alle 10—15 Sekunden eingespritzt werden: dadurch wird der natürliche Mechanismus der Darmperistaltik, wie man es an Darmfistelhunden beobachten kann, nach-

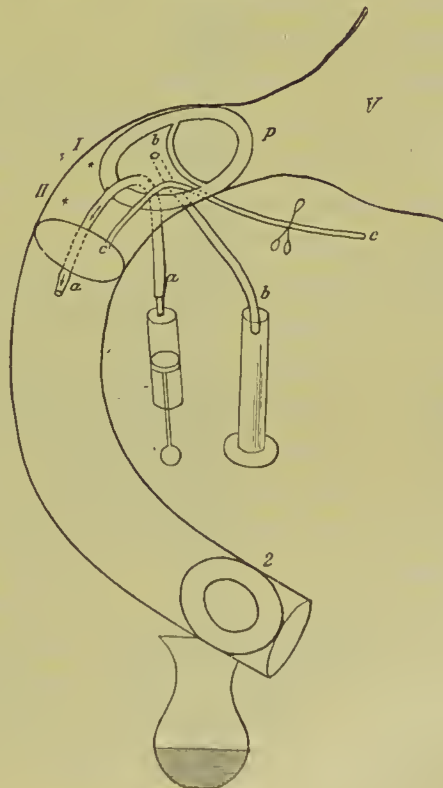


Fig. 23.

geahmt. Sobald die Ausscheidung aus der Distalfistel sistiert, wiederholt man die Einführung der Versuchslösung. Die ausgeschiedene Flüssigkeit ist stets trübe wegen Beimengung von Schleim und Darmsaftresten.

Handelt es sich um das Studium der Resorption im Duodenum, so werden an demselben die Fisteln (Fig. 23) am Anfangsteil desselben hart hinter dem Pylorus (*p*) und am Endteil hart hinter der Plica duodenojejunalis (2) angelegt.

2. Man gewinnt beim Resorptionshund in der Regel als Nebenprodukt Darmsaft. Ist die Gewinnung des Darmsaftes das Hauptziel des Experimentes, so verfährt man folgenderweise: Der Hund bekommt das Versuchsmaterial per os, und der aus der proximalen Kammer der Duodenalfistel ausfließende Chymus wird im natürlichen Tempo durch das Einleitungsrohr weiter befördert. Der aus dem Ableitungsrohr ausfließende Darmsaft wird in einem Meßzylinder aufgenommen und in entsprechender Weise untersucht.

Will man die Tätigkeit der oberen Verdauungswege temporär ausschalten, so verfährt man in derselben Weise wie beim Resorptionsversuch.

3. Bei vergleichenden Resorptionsversuchen werden beim Hunde 3 Fisteln angelegt. Eine von den Fistelröhren — eine große zweikammerige — wird in den Anfangsteil, die zweite derselben Art, nur von etwas kleineren Dimensionen, in den Mittelteil und die dritte endlich mit rundem Lumen (im Querschnitt), ohne Scheidewand, in den Endteil des zu untersuchenden Darmabschnittes eingeführt. Die Ausrüstung des Hundes zum Versuch ist aus der beiliegenden Zeichnung zu ersehen (Fig. 24, I und II): *a* bedeutet die Röhre, durch welche man den Ballon aufbläht; *b* die Röhre, durch welche die Versuchsflüssigkeit in den oberen Darmabschnitt eingeführt wird; *c* die Röhre, durch welche in den Zylinder *e* der Darmsaft abfließt, welcher während des Versuches von der Schleimhaut des zwischen der Fistelscheidewand und dem Ballon gelegenen Darmteiles abgesondert wird. Die Säfte, die sich oberhalb der Fistel sammeln, fließen in das Gefäß *d*. Die unresorbiert gebliebene Versuchsflüssigkeit läuft durch die Röhre *f* in das Gefäß *l* ab; die Röhre *f* befindet sich in einem Korken, der im Proximalteile der mittleren Fistelröhre eingefügt ist. In die distale Kammer der letztgenannten Fistelröhre ist ein Pfropfen mit drei Röhren eingeführt: *g* für das Aufblähen des Ballons; *h* zum Einführen der Versuchsflüssigkeit in den unteren Darmabschnitt und *i* zum Abfließen der Darmsekrete aus demjenigen Teil, welcher sich zwischen der Fistelröhrescheidewand und dem Ballon befindet, in das Gefäß *m*. Der unresorbiert gebliebene Teil der in den unteren Darmteil eingeführten Flüssigkeit wird in das an der dritten Fistel befestigte Kölbchen *k* ausgeschieden.

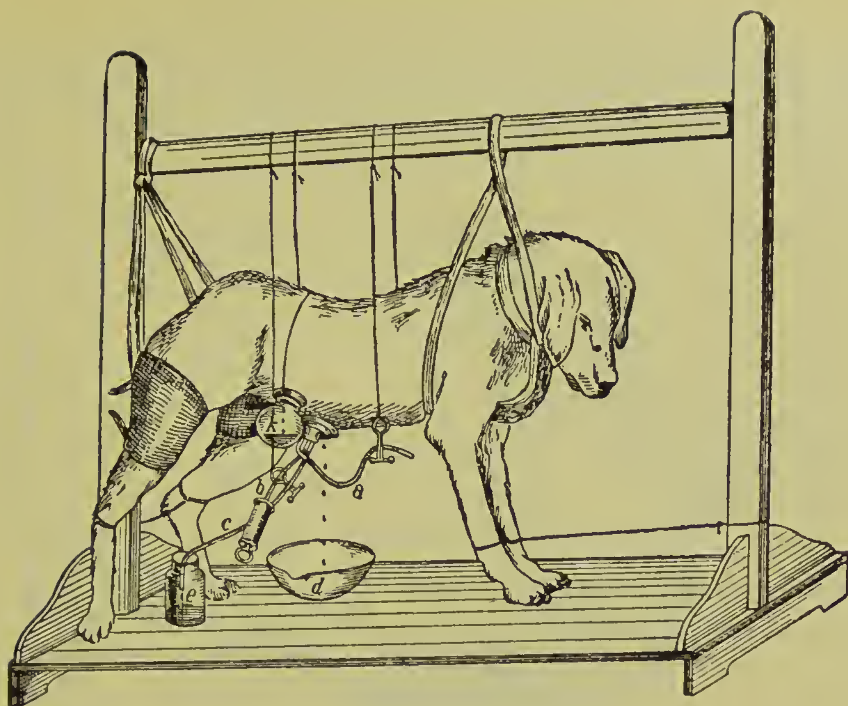


Fig. 24 I.

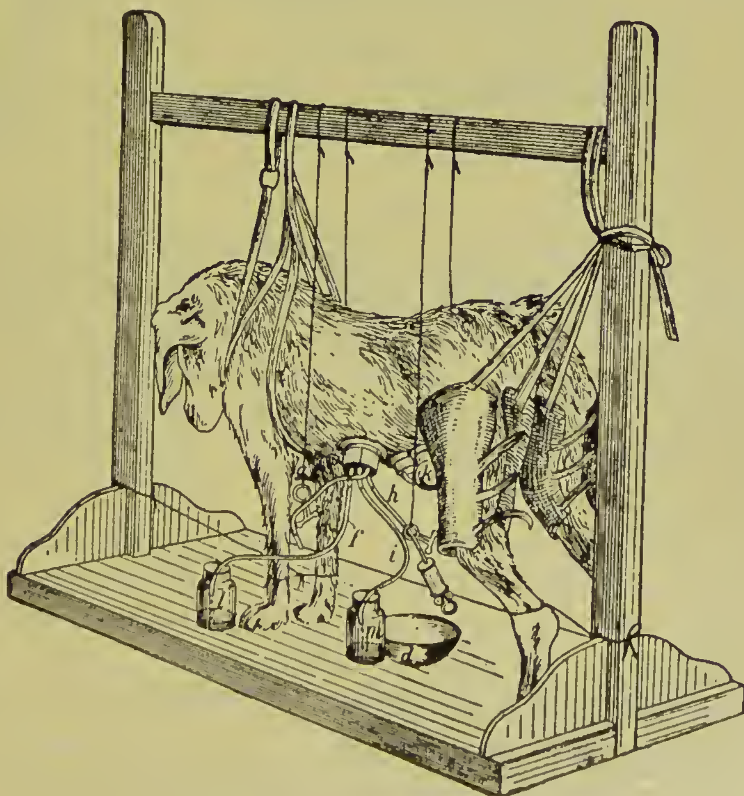


Fig. 24 II.

d) Panchymotischer Hund (Fig. 25).

Die Ausrüstung des Hundes für das Experiment geschieht in der üblichen Weise mit Hilfe der Ballonapparate und ist aus der beiliegenden

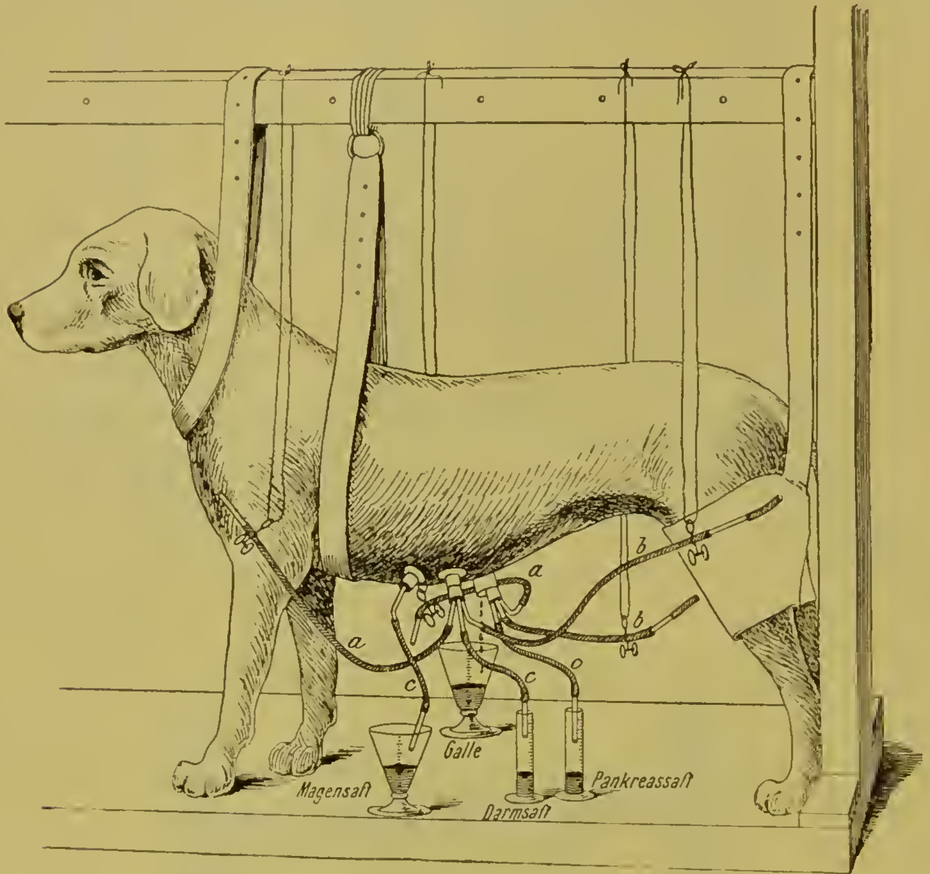


Fig. 25.

Abbildung ohne genauere Angaben ersichtlich. Der Magensaft fließt aus der Magenfistel, die Galle aus der proximalen Hälfte der Duodenalkanüle, der Pankreassaft aus der distalen Hälfte derselben und der Darmsaft aus der Jejunumkanüle. Der Magenkanülenpfropfen hat eine einzige Ableitungsröhre; die Duodenalkanüle und die Jejunumkanüle sind mit je 3 Röhren versehen: Aufblähungsröhre (*a*), Einleitungsröhre (*b*) und Ableitungsröhre (*c*).

Die verschiedenen Säfte werden entweder spontan abgesondert oder bei Anwendung verschiedener Reizungsmittel. Letztere werden entweder per os zugeführt oder durch das entsprechende Einführungsrohr in das Jejunum eingespritzt. Im ersteren Falle werden dieselben durch eine Oesophagusfistel oder durch die Magenfistel nach außen gelangen, im zweiten werden sie entweder dem gesamten unteren Darm oder einem bestimmten mit Hilfe einer zweiten distal liegenden Fistel isolierten Darmabschnitte überlassen.

g) Exkretionsfistelhund.

Exkretionsfistelhund ist ein Hund mit einer einfachen Fistel am Darm, welche eine streng quantitative Bestimmung des Darmchymus gestattet. Die eingeführte Fistelröhre füllt das ganze Darmlumen aus, so daß der Darmchymus bei der Fistelöffnung nicht vorbeifließen kann.

Je nach Lage der Fistel wendet man entweder das kontinuirliche oder das diskontinuirliche Verfahren an.

1. Das kontinuirliche Verfahren besteht darin, daß der Hund bei offener Fistel gefüttert und der Chymus während der ganzen Verdauungsperiode ununterbrochen gesammelt wird. Solches Verfahren eignet sich nur in demjenigen Falle, wenn die Fistel sich im unteren Ileum oder im Dickdarm befindet, da die Funktion des unteren Ileums eine kaum nennenswerte Rückwirkung auf die sich in den oberen Teilen des Verdauungsapparates abspielenden Prozesse ausübt.

2. Das diskontinuirliche Verfahren muß in allen denjenigen Fällen angewendet werden, wo der Chymus aus einer Fistel aufgefangen und quantitativ bestimmt werden soll, die oberhalb des oberen Ileums liegt, weil sonst die Verdauungsperiode durch den Ausfall der Rückwirkung der tieferliegenden Darmabschnitte einen anormalen, zu raschen Verlauf nimmt.

Man verfährt folgendermaßen. Man füttert den Hund im Gestell bei offener Fistel und schließt diese mit dem Pfropfen nach Verlauf einer Viertelstunde. Am Beginn der zweiten Verdauungsstunde öffnet man die Fistel wieder für eine Viertelstunde, während welcher der Chymus gesammelt wird. Ebenso wird in den weiteren Verdauungsstunden verfahren. Nach mehreren Tagen wird der Versuch wiederholt mit dem Unterschied, daß der Chymus immer nur während der zweiten Viertelstunde gesammelt wird. Dann kommt die dritte und endlich die vierte Viertelstunde an die Reihe. Der summierte Versuch gibt eine Zahlenreihe, welche den Verlauf der normalen Verdauung meistenteils ganz gut wiedergibt.

Selbstverständlich müssen alle Versuche derselben Serie unter absolut gleichen Bedingungen angestellt werden.

III. Zur Verarbeitung der Fistelausscheidungen.

Die für die chymologischen Studien gewonnenen Versuchsprodukte werden nach den gewöhnlichen chemischen Methoden analysiert, die in

den gebräuchlichen Lehr- und Handbüchern ausführlich beschrieben sind. Bevor aber das betreffende Material zur Analyse kommt, müssen an ihm mitunter mehrere Vorbereitungsmanipulationen ausgeführt werden, da sonst die nicht selten sehr komplizierten Analysen auf verschiedene Schwierigkeiten stoßen können. Man darf nicht vergessen, daß die vom Tier stammenden Verdauungsprodukte der Fäulnis und weiterer Fermentspaltung ausgesetzt sind.

a) Aufbewahrung.

Will man das gesamte vorliegende Verdauungsmaterial für längere Zeit unversehrt aufbewahren, so empfiehlt es sich, das Produkt rasch gefrieren zu lassen. Meistenteils aber erscheint es praktischer, das Material in Form von Pulver aufzubewahren; dadurch wird es ermöglicht, nach Bedarf ohne weiteres stets gleichmäßige Teile zur Analyse zu nehmen. Zum Trocknen werden flache Teller mit dünnen Schichten bedeckt und dieselben in den Ventilatorschrank gestellt. Die eingetrocknete Substanz wird von den Tellern abgeschabt, wenn nötig im Vakuumexsikkator über Schwefelsäure nachgetrocknet, zu Pulver verrieben und in fest schließenden Gefäßen aufbewahrt. Fermenthaltige Flüssigkeiten trocknet man bei Zimmertemperatur, sonst unter Erwärmung bei ca. 30° C. Steht kein Ventilator zur Verfügung, so läßt man das Material, welches dann in möglichst dünner Schicht die Teller bedecken muß, in freier Luft austrocknen. Sind höhere Temperaturen gestattet, so macht man vom Wasserbade Gebrauch.

Temperaturen von über 30° C. sollen überhaupt vermieden werden.

b) Filtrieren.

Der Magenbrei, welcher aus einer Magenfistel oder transpylorischen Fistel gewonnen ist, läßt sich nach Verdünnen mit genügend viel Wasser durch Filtrierpapier filtrieren. Dagegen gelingt dieses mit dem Darmchymus sehr schwer und zwar desto schwerer, einer je tieferen Darmpartie der Chymus entnommen worden ist. Die wasserlöslichen Bestandteile des Chymus von den wasserunlöslichen durch Filtration quantitativ zu trennen, ist meistenteils ganz unmöglich. Wenn eine solche Trennung erwünscht ist, so kommt man mit Hilfe einer Zentrifuge leichter zum Ziel.

c) Dekoagulierung.

Der Inhalt des Magens, des Duodenums und des oberen Jejunums bis ca. einen Meter unterhalb des Pylorus weist meistenteils eine saure Reaktion auf, der Chymus aus dem übrigen Darm ist stets alkalisch. Die saure Verdauungsflüssigkeit wird vor dem Erhitzen mit Soda neutralisiert.

Dabei bildet sich Natriumchlorid, welches jedoch bei der weiteren Bearbeitung der Filtratsubstanzen störend wirken kann. Wenn man z. B. aus den Eiweißabbauprodukten Glutaminsäure als Chlorhydrat isoliert, so bekommt man keine genauen Mengen, weil sich die weiteren Kristallisationen durch das Natriumchlorid verunreinigen. Man neutralisiere in solchem Falle mittels Baryumkarbonat, weil Baryum bei der weiteren Bearbeitung mit Schwefelsäure entfernt wird.

Die neutralen und alkalischen Verdauungsflüssigkeiten werden mit Essigsäure angesäuert und durch Wasserdampf die koagulierbaren Substanzen gefällt.

Setzt sich der gebildete Niederschlag rasch ab, wobei die Flüssigkeit klar wird, so läßt man dieselbe abkühlen und filtriert dann. Wird die Flüssigkeit heiß filtriert, so bekommt man beim Darmchymus (beim Magenbrei nicht) sehr häufig beim Abkühlen einen sekundären Niederschlag.

Wird die Flüssigkeit beim Absetzen des Niederschlages nicht klar, so sieht man vorläufig von Filtrieren ab. Man setzt mehr Essigsäure resp. Natriumcarbonat zu und kocht nochmals mittels Wasserdampf längere Zeit. Wird die Flüssigkeit auch jetzt nicht klar, so wird das Ansäuern und Aufkochen wiederholt.

Falls die Verdauungsflüssigkeit Stärke enthält (wie z. B. bei Fütterung mit Brot), so müssen sie vor dem Erhitzen durch Filtrieren oder Zentrifugieren beseitigt werden, sonst erschwert die Bildung von Kleister das Filtrieren im höchsten Grade.

Bei Versuchen mit Kohlehydratabbauprodukten müssen die koagulierbaren Substanzen der Verdauungsäfte durch Erhitzen entfernt werden, da sie sonst unter der Wirkung der HCl-Hydrolyse reduzierende Substanzen abgeben.

Enthält die Verdauungsflüssigkeit nichtemulgiertes Fett, so wird sie nach dem Erhitzen in einem Zylinder aufs Eis gestellt. Das Fett erstarrt an der Oberfläche in Form einer Schicht, die glatt abgehoben werden kann.

d) Entnehmen bestimmter Mengen für die Analyse.

Beim Einführen von Lösungen oder von festen Stoffen, die sich im Magendarmkanal verflüssigen, wie z. B. Gelatine, gewinnt man einen Chymus, dem man bestimmte Teile für verschiedene Analysen mit Hilfe einer Pipette ganz genau entnehmen kann. Wenn der Chymus weder flüchtige oder thermolabile Substanzen noch Stärke enthält, überhaupt wenn nichts im Wege steht, gewinnt man eine klare Flüssigkeit durch

Koagulieren und Abfiltrieren resp. Abzentrifugieren des Niederschlages. Jedoch kommt man auch auf diesem Wege nicht immer zum Ziel. Wenn es also anders nicht geht, verreibt man in einer Schale den Chymus zu einer möglichst gleichmäßigen Aufschwemmung, füllt das gut schließende Gefäß bis zu einem bestimmten Volumen auf, und entnimmt unter Schütteln mehrere Proben für die Analyse. Sollte dieses Verfahren zufälligerweise mit graduierten Pipetten nicht gelingen, so benutze man genaue Meßzylinder.

B. Die normale und abnorme Chymologie.

1. Allgemeines.

Der normale Stoffwechselprozeß versucht unter Aufrechterhaltung des status quo des gesamten Organismus das Anwachsen dieser oder jener Bestandteile desselben zu fördern. In einem normalen Organsystem, in welchem sich der Stoffwechsel entfaltet, spielt der Verdauungsapparat eine dominierende Rolle, da der gesamte Stoffwechselbetrieb mit dessen Funktion in Zusammenhang steht. Die Tätigkeit des Verdauungsapparates entgeht der individuellen Beobachtung, nicht aber die Aufnahme resp. Wahl der Nahrung. Es muß also eine gewisse Koordinationseinrichtung bestehen, dank welcher die Bedürfnisse des Stoffwechsels mit dem Verlangen nach Nahrungsaufnahme in Übereinstimmung gebracht werden. Dieselbe wird allgemein als Empfindung von Hunger, resp. Appetit wahrgenommen. Man hat das Gefühl, als käme diese Empfindung vom Magen. In der Tat aber steht diese Empfindung in keiner direkten Beziehung weder zum Magen, noch zu irgend einem anderen Abschnitte des Verdauungsapparates. Denn wenn man einem Hunde den Magen total exstirpiert, oder das ganze Jejunum samt Ileum und den Dickdarm reseziert, oder die Bauchspeicheldrüse ausschaltet, so nimmt der Appetit des Tieres nicht ab, sondern zu, und im allgemeinen ceteris paribus um so bedeutender, je stärker der Stoffwechsel gestört wird.

Demgegenüber steht die Abneigung gegen Nahrungsaufnahme vor allem mit dem Zustand des Verdauungstraktus in Zusammenhang.

Diese Verhältnisse werden durch folgendes Experiment klargelegt. Man exzidiert einem Hunde den Magen in toto, indem man den Oesophagus mit dem Duodenum vereinigt; gleichzeitig legt man am Darm ungefähr in der Mitte desselben eine Fistel an. Nach 3–4 Wochen, wenn der Hund sich erholt hat, bringt man ihn ins Gestell, öffnet die Fistel und führt Milch ad libitum ein. Der Hund macht sich gierig über die Milch. Plötzlich aber wendet er sich von der Speise ab. Unter Umständen kann auch Erbrechen auftreten. Nach einigen Minuten bietet man dem Hund die Milch nochmals an, sie wird aber verweigert. Wieder-

holtes Anbieten bleibt ebenfalls erfolglos. Nun aber beginnt nach ca. 10—15 Minuten die Exkretion aus der Fistel. Die Milch fließt ruckweise und in Tropfen unverändert ab. Bietet man jetzt dieselbe Nahrung dem Hunde an, so nimmt der Hund sie ganz gern.

Da die Appetitlosigkeit durch bloßes Abfließen der unveränderten Milch aufgehoben worden ist, so leuchtet es ein, daß erstere durch rein mechanische Spannung resp. Füllung des Anfangteiles des Darmes zustande gekommen ist. Nach Ausschaltung des Magens tritt das Duodenum, welches im Volumen zunimmt, als Nahrungsbehälter in seine Rechte.

Unter Umständen kommen freilich in bezug auf das Stillen des Hungers noch andere Momente in Betracht, wie z. B. der Zustand der verschiedenen Verdaungsdrüsen u. s. w.

Der Stoffwechselbetrieb ist so eingerichtet, daß der reife Organismus zur bestimmten Zeit in Stoff und Kraft zum Gleichgewicht strebt. Um das Gleichgewicht zu erhalten, muß Einnahme und Ausgabe Hand in Hand gehen. Nun gelangt aber die Speise in den Verdauungstraktus in größeren Mengen zu verschiedener Zeit. Die Speise gelangt in den Magen und wird hier teilweise verdaut. Von da aus wird sie in bestimmten Mengen in den Darm befördert. Der Darm stellt eine lange und nicht ganz gleichartig gebaute Röhre dar. In das eigentliche Gebiet des inneren Stoffwechsels werden die Verdauungsprodukte erst aus den verschiedenen Darmabschnitten absorbiert. Unter solchen Umständen kann man sich einen regelrechten Verlauf des Stoffwechsels nur in der Weise denken, daß alle Verdauungs- und Resorptionsprozesse in genaue Übereinstimmung gebracht werden, sonst könnte überhaupt kein Gleichgewicht zustande kommen.

Die Chymologie bezweckt also, nicht nur die chemischen Prozesse, die sich mit den Nahrungsstoffen bei den Verdauungs- und Resorptionsprozessen abspielen, aufzuklären, sondern auch ihren Verlauf in quantitative Beziehungen zu bringen.

2. Magenchymologie.

a) Die chymologische Stellung des Magens.

Die Verdauung im Magendarmkanal erscheint als ein harmonisches Zusammenarbeiten vieler physikalisch-chemischer Prozesse, die nach bestimmten Gesetzen verlaufen. Dem Magen ist auf dem gesamten Gebiete die führende Rolle angewiesen, da mit seiner Tätigkeit die Zufuhr sowohl passiver Verdauungsstoffe als auch aktiver Verdauungsflüssigkeiten in hohem Grade zusammenhängt. Fällt die Magentätigkeit aus, so wird der Gang der Verdauung ganz und gar geändert.

Also vom chymologischen Standpunkte aus nimmt der Magen unter normalen Verhältnissen im Verdauungstraktus die führende Stellung ein. Dementsprechend ist der Magen bei allen Tieren komplizierter gebaut als der übrige Verdauungstraktus.

b) Die motorische Funktion des Magens.

Der Mageninhalt wird in den Darm durch die Motilität des Magens befördert. Die Bewegungen des Magens suchen den Inhalt desselben möglichst rasch auszuscheiden. Führt man z. B. einem mittelgroßen Hunde mit einer geöffneten transpylorischen Fistel 200 g Fleisch zu, so wird dasselbe in ca. 35—40 Minuten in kaum verdautem Zustande entleert. Ist die Fistel geschlossen, so daß die Magensekretion nicht nach außen, sondern wie in der Norm in den Darm gelangt, so dauert die Magenentleerung ca. 5 Stunden. Vom Darm aus wird also durch die Magenentleerungen eine hemmende Rückwirkung auf den Entleerungsvorgang entfaltet. Diese Rückwirkung wird überall als Pylorusreflex bezeichnet, womit gesagt sein soll, daß der Pylorus Angriffspunkt für die hemmende Rückwirkung aus dem Darm ist. Der Pylorus wird vom Darm aus geschlossen, wodurch Verlangsamung der Magensekretion zustande kommt.

Diese Vorstellung entstand gewissermaßen auf spekulativem Wege. Niemand hat durch direkte Experimente bewiesen, daß unter dem Einfluß der Salzsäure, welche hier hauptsächlich in Betracht kommt, nur der offene Pylorusring vom Darme aus geschlossen wird und daß bei der Neutralisation der Salzsäure im Darm der Polyrus von selbst oder durch einen bestimmten Eingriff geöffnet wird. Die tatsächliche Erfahrung, auf welcher diese Auffassung ruht, lehrt, daß einige Zeit nachdem die salzsäurehaltige Flüssigkeit in den Darm gelangt ist, die Magenentleerung sistiert. Nun kann aber der Entleerungsstillstand durch verschiedene Gründe hervorgerufen werden. Der Magen ist aus drei verschiedenartigen Teilen zusammengesetzt: Fundus, Antrum und Pylorus. Füllt sich der Magen, welcher in leerem Zustande zusammengeschrumpft erscheint, so vergrößert sich in entsprechendem Grade hauptsächlich der Fundusteil; das Antrum pylori dagegen erweitert sich unbedeutend. Der pylorische Teil des Magens ist in gewissen Grenzen verschiebbar und nimmt bei der Füllung des Magens eine höhere Lage ein als die Gesamtmasse desselben. Unter diesen Umständen übt der Mageninhalt durch sein Gewicht keinen Druck auf den Inhalt des Antrum pylori und den Pylorus selbst aus. Auf diese Weise kann der Übergang des Mageninhaltes in den Darm nur durch die Kontraktionen der Fundusmusku-

latur zustande kommen. Der Fundusteil ist hauptsächlich eine Vorratskammer. Durch seine schwache Bewegungen wird ein Teil des Inhaltes in das Antrum pylori und von da aus durch die kräftigen peristaltischen Bewegungen in das Duodenum befördert. Ist der Pylorus geschlossen, so wird der Inhalt des Antrum pylori und dadurch auch derjenige des Fundusteiles zurückgehalten. Umgekehrt, sollte der Pylorus ausgeschaltet werden, so müßte dann eine Beschleunigung der Magenentleerung zustande kommen, insbesondere in dem Falle, wo es sich um eine Lösung handelt, die der Verdauung nicht bedarf, wie z. B. eine Glukoselösung.

In der Wirklichkeit aber gestalten sich die Beziehungen bei weitem nicht so einfach, wie man versucht sein könnte anzunehmen, wenn alles nur auf den sogenannten Pylorusreflex hinausliefe. Weiter unten, wo von den Resektionen verschiedener anatomisch-physiologisch wichtiger Abschnitte des Magens die Rede sein wird, soll auf diese Frage des näheren eingegangen werden.

Der Stand unserer Kenntnisse von den Vorgängen im Magendarmkanal gibt uns das Recht, die gesamte Tätigkeit desselben als eine Summe vieler mit einander kombinierten einfachen Prozesse mechanischer und chemischer Natur aufzufassen.

Bei der Verdauung gewöhnlicher Nahrung hängt die Motilität des Magens mit den sich im Magendarmkanal abspielenden Verdauungsvorgängen eng zusammen. Will man aber den komplizierten Einfluß der letzteren vermeiden, so erscheint es zweckmäßig, solche Nährlösungen in den Magen zu bringen, welche keine Verdauung für ihre Assimilation erfordern, wie z. B. Glukoselösungen. Man hat dann nur noch mit dem verhältnismässig geringen Wert des Magensaftes zu rechnen, welcher durch die Versuchslösung zur Sekretion gebracht wird. Der Magensaft verlangsamt im allgemeinen die motorische Funktion des Magens.

In jedem beliebigen Augenblick findet sich dann im Magen eine Zuckermenge x, welche umgekehrt proportional sein muß der Zeit t, die seit dem Moment der Einführung der Zuckerlösung verflossen ist. Der zufließende saure Magensaft hemmt aber vom Darm aus die Magenentleerung, weshalb zum Werte t eine Größe p hinzuaddiert werden muß. Da die Magensaftabsonderung mit der zugeführten Lösung parallel geht, so muß p in einem direkten Verhältnis zu M stehen.

Auf Grund des Gesagten kann folgende Differentialgleichung aufgestellt werden:

$$dx = a \frac{x}{t + p} dt$$

Durch Intergration bekommen wir:

$$x = C(t + p)^{\alpha}.$$

Da die Quadratwurzelregel eine dominierende Stelluug in der Tätigkeit des Verdauungstraktus einnimmt, so ist man berechtigt, α gleich $^1/_2$ zu setzen. Man erhält also:

$$x = \frac{C}{\sqrt{t + p}}.$$

Bestimmt man nun C nach dem Anfangspunkt des Versuches: bei $t = o$, so erhält man:

$$100 = \frac{C}{\sqrt{p}}, \text{ oder}$$

$$x = \frac{100 \sqrt{p}}{t + p}$$

Nimmt man an, daß $100 \sqrt{p} = k \sqrt{M}$, dann ist

$$p = \frac{M K^2}{100^2} \text{ und}$$

$$x = k \sqrt{\frac{M}{t + p}}$$

Vergleicht man nun diese theoretische Formel mit den Ergebnissen der direkten Versuche (Tabelle I), so sieht man, daß die Übereinstimmung eine recht große ist.

Tabelle I.

Zeitdauer der Magentätigkeit in Minuten	Im Magen zurückgebliebene Zuckermenge in % beob.	ber.	Diff.
	100 ccm		
7,5	35	35	0
15	28	26	+ 2
30	24	19	+ 5
45	4	—	—
	200 ccm		
7,5	49	47	+ 2
15	30	35	— 5
30	25	26	— 1
45	2	—	—
	400 ccm		
7,5	68	60	+ 8
15	45	54	— 9
30	31	35	— 4
45	7	—	—
60	2	—	—

Zeitdauer der Magentätigkeit in Minuten	Im Magen zurückgebliebene Zuckermenge in % beob.	ber.	Diff.
	500 ccm		
7,5	72	65	+ 7
15	63	51	— 12
30	37	39	— 2
45	8	—	—
60	2	—	—
	800 ccm		
7,5	85	73	+ 12
15	60	60	0
30	41	47	— 6
45	24	—	—
60	7	—	—
75	1	—	—
	1000 ccm		
7,5	86	77	+ 5
15	73	65	+ 1
30	54	51	+ 11
45	43	44	+ 2
60	19	—	— 8
75	4	—	—
90	2	—	—
	1500		
7,5	87	82	+ 5
15	73	72	+ 1
	1500		
30	70	59	+ 11
45	53	51	+ 2
60	38	46	+ 8
75	26	—	—
90	13	—	—
105	5	—	—
120	2	—	—

Die Versuche[1]) wurden folgendermaßen angestellt. Ein Magenfistelhund wurde täglich von 10 Uhr morgens an im Gestell befestigt und die Fistel geöffnet, wobei sich der Magen stets als leer erwies. Mittels eines Gummiglasrohres wurde die vorher zubereitete 5%ige Glykoselösung (100, 200, 400, 500, 800, 1000 u. 1500 ccm) in den Magen eingeführt, nach Verlauf einer bestimmten Zeit die Fistel geöffnet, die ausfließende Flüssigkeit aufgefangen, der Magen nachgespült und in der gewonnenen Flüssigkeit der Zuckergehalt bestimmt.

Die Magenentleerung bei einer 5%-igen wässerigen Zuckerlösung ging also im angeführten Versuche nach der einfachen Formel vor sich: $x = k\sqrt{\frac{M}{t+p}}$, wo $p = \frac{M\,K^2}{100^2}$ und $k = 10{,}35$ ist. Ist der

größere Teil der Magenflüssigkeit befördert, was ungefähr — je nach der zugeführten Lösungsmenge — binnen 30 bis 60 Minuten geschieht, so wird die Restflüssigkeit rasch in den Darm transportiert.

c) Verdauung einzelner Nahrungsstoffe.

Verdauung der Eiweißnahrung.

Gang der Magentätigkeit.

Ist dem Magen irgend eine Speise zugeführt worden, so ist der Entleerungsvorgang, abgesehen von den oben angeführten Faktoren, noch von dem Verdauungsvorgang abhängig. Der Lauf der Verdauung steht nun mit den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Nahrung in engem Zusammenhang.

α) Einfluß des physikalischen Zustandes.

Gibt man z. B. einem Hund mit einer kontinuirlich offenen transpylorischen Fistel 200 g gekochte Stücke von Eiereiweiß,[2]) so verdaut und excerniert sie der Magen während ca. 3 Stunden, wobei im Endresultat ein Drittel der verabreichten koagulierten Substanz löslich wird, ein Drittel in breiartiger Form und ein Drittel in größeren, leicht isolierbaren Stücken. Wird dieselbe Eiweißmenge in Form von Eierklar gegeben, so wird sie in ca. $^3/_4$ Stunde aus dem Magen in fast unverändertem Zustande entfernt. Durch die Verdauung wird höchstens 10 $^0/_0$ des verabreichten Eiweißes unkoagulierbar gelassen.

Im allgemeinen ist es sehr schwer, die physikalischen Eigenschaften einer Eiweißnahrung, wie z. B. des Fleisches, zu ändern, ohne die geringsten Veränderungen der chemischen Eigenschaften hervorzurufen und umgekehrt. Wenn man dabei von Veränderungen physikalischer oder chemischer Eigenschaften einer Nahrung spricht, hat man vorwiegend Veränderungen der einen oder der andern im Auge.

Inwiefern der durch den Wassergehalt bedingte physikalische Zustand der Nahrung auf die Verdauung im Magen Einfluß hat, ist aus folgender Reihe von an Hunden mit Magenfistel angestellten Versuchen[3]) zu ersehen. In jedem Versuche wurden dem Hunde 200 g Schabfleisch gegeben. In zweien dieser Versuche wurde das Fleisch per se gegeben, in einer Reihe anderer Versuche dagegen wurde das Fleisch vor der Einverleibung gleichmäßig mit 200—400—600—800 ccm Wasser vermischt. Bei Darreichung größerer Mengen Wasser verweigerte der Hund die Nahrungsaufnahme. — Für andere Versuche wurde das Fleisch getrocknet, indem es bei 25° C. auf einem Teller in feiner Schicht verteilt wurde. In einem Falle ergab die

Austrocknung 55 g, im andern 113 g Fleisch. Die Entleerung des Mageninhaltes erfolgte jedesmal $2^1/_2$ Stunden nach der Nahrungsaufnahme. Aus den in der nachfolgenden Tabelle (II, A) zusammengestellten Resultaten, ist vor allem klar zu ersehen, daß im allgemeinen die Menge des mit dem Fleisch gegebenen Wassers die Magentätigkeit verschieden beeinflußt, jedoch sind der Grad und die Grenzen dieses Einflusses bei verschiedenen im Magen vorgehenden Prozessen ungleich. Zur größeren Übersichtlichkeit sind die Teile der Zifferreihen, die, abgesehen von den variablen Mengen Wassers in der Nahrung, eine gewisse Regelmäßigkeit zeigen, in Klammern gesetzt. Besonderes Interesse beansprucht eine derartige Regelmäßigkeit in bezug auf Menge und Säuregehalt des Magenchymus im Moment der Fistelöffnung. Ob dem Fleische die Hälfte des Wassers entzogen oder die doppelte und dreifache Menge zugesetzt worden ist, stets finden wir nach $2^1/_2$ Stunden im Magen gleiche Mengen Chymus und den gleichen Säuregehalt, mit einem Wort gleiche Mengen Magensaft. Nur bei verhältnismäßig großen Wassermengen, bei deren Verabfolgung der Hund die Aufnahme des Fleisches verweigert, wird die obenerwähnte Regelmäßigkeit gestört, aber auch dann recht unbedeutend: im Durchschnitt 162 statt 122. Da dabei der Säuregehalt herabgesetzt und der Gehalt an koagulierbarem Eiweiß erhöht ist, so hat man hierbei an eine Herabsetzung der Magentätigkeit zu denken. Die Ursache dieser Herabsetzung scheint nicht schwer zu erklären zu sein.

Der Magen beginnt seine Arbeit vorwiegend mit der Überführung der überflüssigen Wassermenge in den Darm; je größer diese Wassermenge ist, um so langsamer geht dieser Prozeß vor sich und um so größer ist die Verspätung der eigentlichen Verdauung.

Die stickstoffhaltigen Substanzen des Mageninhaltes setzten sich aus zwei Teilen zusammen: aus in Wasser löslichen und nichtlöslichen resp. durch Hitze koagulierbaren Substanzen: Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß bei Darreichung normalen Fleisches und eines Fleisches, dem ein Teil (bis zur Hälfte) des Wassers entzogen worden war, im Magen zur Mitte der 3. Verdauungsstunde mehr wasserlösliche stickstoffhaltige Substanzen vorhanden sind, als in Fällen von Fleischdarreichungen mit Wasserzusatz.

Da hierbei außer den Produkten der Eiweißverdauung auch Extraktivstoffe hinzukommen, so entsteht ganz natürlich die Vermutung, daß mit dem Wasser ein Teil der von ihm ausgelaugten Extraktivstoffe des Fleisches in den Darm gelangt. Um sich darüber besser zu orientieren, wäre es zweckmäßig, fernerhin statt des normalen Fleisches ausgekochtes zu gebrauchen.

Tabelle II.

Menge des hinzugefügten (+) oder abgedampften (−) Wassers	Menge in g	Azidität in ccm $\frac{n}{10}$	Aufgenommener Brei Stickstoff (in g) der unkoagulierbaren Substanzen	koagulierbaren Substanzen	Gesamt-N. in % des zugeführten
A. Per os.					
a) Fleisch.					
— 113	120	163	1,11	2,76	60
— 55	117	—	1,20	1,43	41
0	120	160	1,43	1,48	45
0	137	165	1,31	1,56	45
+ 200	117	150	0,77	1,37	33
+ 400	120	155	0,67	1,46	33
+ 600	160	123	0,98	2,65	57
+ 800	163	120	0,75	2,05	45
B. Durch die Fistel.					
b) Ausgekochtes Fleisch.					
50	100	102	—	—	26
c) Elastin.					
50	35	29	—	—	39
d) Fibrin.					
50	97	88	—	—	39
e) Kasein.					
50	50	49	—	—	50
f) Gliadin.					
50	69	5	—	—	76
g) Pepton Witte.					
200	—	—	—	—	61
h) Seidenpepton.					
200	—	—	—	—	56
i) Magenverdauungsprodukte.					
200	—	—	—	—	64
h) Darmverdauungsprodukte.					
200	—	—	—	—	52

β) Einfluß der chemischen Natur des Eiweißes.

An demselben Hunde ist eine Reihe folgender Versuche angestellt worden.

Von einer der folgenden Eiweißpulversorten — Gliadin (Pasewalker Stärkefabrik), Kasein (käufliches Präparat), Elastin (aus lig. nuchae), Fibrin (Merck) oder Fleischpulver nimmt man 35 g, vermengt sie mit 20 ccm Wasser und führt sie in Form kleiner Klümpchen in den Magen ein. Nach 2 Stunden wird der Mageninhalt zur Analyse entnommen.

Die Resultate der Untersuchungen zeigen, daß eine Eiweißnahrung von beinahe gleichem physikalischen Zustande, jedoch von verschiedener chemischer Zusammensetzung verschieden vom Magen entleert wird (Tabelle II, B).

An demselben Hunde wurden Versuche durch Einführung von Lösungen von Eiweißabbauprodukten in den Magen angestellt. Dazu wurden Pepton (Witte), Seidenpepton und lösliche Produkte des Fleisches aus Magen- und Darmchymus verwandt. — Das Resultat ist, das sich der Magen im Sinne der motorischen Tätigkeit zu all diesen gelösten Produkten beinahe gleich verhält.

Diese Untersuchungen (α u. β) erfordern selbstredend eine ausführlichere Bearbeitung.

γ) Der zeitliche Verlauf der Verdauung.

Im Magen wird das Nahrungsfleisch bis zu ca. $^4/_5$ in löslichen Zustand übergeführt. Sobald ein Teil des verabfolgten Eiweißes für die weitere Verdauung im Darm vorbereitet worden ist, wird dasselbe dahin befördert. Auf diese Weise ist der Gang der Entleerung des Magens für den Gang der Verdauung im Darm maßgebend.

Dank den sinnreichen Berechnungen, welche Svante Arrhenius[4]) an der Hand vieler Versuchsergebnisse an unseren Fistelhunden ausgeführt hat, ist man über diesen Gegenstand schon einigermaßen unterrichtet.

Der Mageninhalt hat, wie bekannt, kein einheitliches Aussehen während der Verdauung. Öffnet man die Magenfistel bei Verdauung von mittelgroßen Fleischmengen, so fließt zunächst eine gewisse Quantität Flüssigkeit, ein Gemisch von Verdauungsprodukten mit dem Magensaft ab; die folgenden Portionen des Speisebreies stellen ein leichtes, halb verdautes Fleisch dar, während die im Zentrum des Mageninneren sich befindenden Massen aus ganz unveränderten, oftmals nicht einmal durchwärmtem Fleisch zusammengesetzt sind. Bei ganz kleinen Fleischportionen z. B. bei 100, 200 g, wo der gesamte Mageninhalt mit der Magenschleimhaut in innigeren Kontakt kommt, ändern sich die Verhältnisse insofern, als der größte Teil des Speisebreies vom Magensaft durchtränkt ist und einen größeren oder geringeren Grad der Erweichung und Verdauung aufweist.

Nach Arrhenius kann man sich die Sachlage folgendermaßen vorstellen: In der nächsten Nähe der Magenwand liegen die ersten 100 g Fleisch in einer überall gleich dicken Schicht ausgebreitet. Innerhalb dieser liegt eine neue Schicht von 100 g Fleisch, deren Dicke etwas größer ist als diejenige der ersten Schicht, weil ihre Oberfläche ungefähr wie der Querschnitt eines Conus nach innen abnimmt.

Dann kommen weitere Schichten von je 100 g Fleisch und von immer zunehmender Dicke. Der sich fortwährend absondernde Magensaft diffundiert in den geschichteten Mageninhalt hinein in schnell abnehmender Weise, wie das überhaupt bei den Diffusionsprozessen die Regel ist. In der Fleischschicht, welche im gegebenen Moment der Magenwand unmittelbar anliegt, ist die Verdauung weit fortgeschritten, aber je entfernter die Schichten von der Wand des Magens liegen, um so weniger Magensaft enthalten sie und um so weniger sind sie im gegebenen Moment verdaut. Die totale verdaute Menge ist gleich der Summe der in den einzelnen Schichten verdauten Mengen, in denen die Verdauung unabhängig von derjenigen in den anderen Schichten vor sich geht.

Die geschilderten Verhältnisse beziehen sich selbstverständlich auf den Hauptteil (Fundus) des Magens. Der pylorische Magenteil stellt keine Schichtung dar. Sein Inhalt gehört aber eigentlich zu der peripheren Schicht des Fundusinhaltes, woher das vorbereitete Material in das Antrum weiter befördert wird. Derjenige Teil des Mageninhaltes, welcher cardiawärts gelegen ist und mit dem Magensaft nur wenig in Berührung kommt, muß als ein Teil der inneren Schichten angesehen werden, wohin er mit der Zeit auch vorgerückt wird. Trotzdem also der Mageninhalt während der Verdauung im pylorischen und cardialem Teile nicht dieselbe Zusammensetzung aufweist wie im Hauptteile, entspricht die von Arrhenius ausgesprochene Anschauung vollkommen den tatsächlichen Verhältnissen.

Nun wurde an einem 25,2 Kilo schweren Magenfistelhund folgende Versuchsreihe ausgeführt. Es werden ihm verschiedene Quantitäten fein geschabten Pferdefleisches: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000 und 2485 g dargereicht, und nach 3 Stunden der Magen durch die Fistel entleert, im entnommenen Brei der Stickstoff nach Kjeldahl bestimmt. Der letzte Versuch muß aus der dargestellten Versuchsreihe ausgeschlossen werden, weil derselbe unter besonderen Bedingungen verlief. Der Versuchshund erhielt nämlich so viel Fleisch, als er nur fressen mochte, und zwar 2750 g; der Hund fraß dasselbe mit dem größten Appetit, aber nach einer Stunde erbrach er 255 g; der überfüllte Magen suchte sich augenscheinlich so rasch wie möglich vom überflüssigen Inhalt zu befreien; der natürliche Weg (Pylorus) reichte nicht mehr aus. Als nach 3 Stunden die Entleerung des Magens vorgenommen wurde, stellte es sich heraus, daß der Magen mit vollkommen unverdautem Fleisch ausgefüllt war. Infolge der zu großen Nahrungsmenge war somit sowohl die Motilität, als auch die Verdauungstätigkeit des Magens gestört. Die übrigen Versuche mit glattem Verlauf berechnete

Arrhenius nach einer einfachen empirischen Formel. Er ging dabei von der oben angeführten Vorstellung über die Verdauung des Fleisches im Magen aus, indem er einfach annahm, daß die Verdauung in der äußersten Schicht immer gleich intensiv ist, wie viele Schichten auch innerhalb derselben liegen mögen. Ähnliche Annahmen sind für die anderen Schichten gemacht worden. Natürlicherweise gilt dies nur bis zu einer gewissen Grenze, nämlich wenn nicht zu viel Nahrung, wie z. B. in dem erwähnten Falle, verabfolgt worden war.

Arrhenius hat nun gefunden, daß die in der angegebenen Versuchsreihe gewonnenen Zahlen folgendermaßen leicht wiederzugeben sind. Die N-Menge des verfütterten Fleiches betrug 3,206 g, der Logarithmus dieser Zahl ist 0,5059. Liegt diese Fleischmenge der Magenwand dicht an, so wird sie beinahe ganz verdaut. Aus besonderen Versuchen am Hunde mit einer transpylorischen Fistel geht hervor, daß bei der günstigen Magenverdauung von der gesamten Fleischmenge-N 92,2 % löslich sind. Man bilde eine Reihe von Zahlen Z, die den Schichten S (1, 2, 3 . . . . . .) entsprechen nach der in der folgenden Tabelle angegebenen Weise.

Tabelle III.

S	D	Z	$M n$	M ber.	M obs.	E
0	—	0,5059	3,206	—	—	—
1	0,0308	0,4751	2,986	2,986	2,954	+0,032
2	0,0616	0,4135	2,591	5,577	5,549	+0,028
3	0,0923	0,3212	2,096	7,673	7,735	-0,062
4	0,1231	0,1981	1,578	9,251	9,249	+0,002
5	0,1539	0,0442	1,107	10,358	10,170	+0,188
6	0,1846	0,8596—1	0,724	11,082	11,398	—0,307
7	0,2154	0,6142—1	0.441	11,523	—	—
8	0,2462	0,3080—1	0,250	11,773	11,779	—0,006
9	0,2770	0,1210—1	0,132	11,905	—	—
10	0,3077	0,8133—2	0,065	11,970	11,846	+0,121
11	0,3385	0,4748—2	0,030	11,995	—	—
12	0,3693	0,1053—2	0,013	12,008	—	—
13	0,4002	0,4002—3	0,005	12,013	—	—
∞	—	—	—	12,016	—	—

Die Zahlen der Rubrik D wachsen proportional den unter S verzeichneten Zahlen der Schichten und so daß $D_n + 0{,}030775\ S_n$. Die Ziffern unter Z fangen mit dem $Z_0 = \log\ 3{,}206 = 0{,}5059$ an. Dann folgt $Z_1 = Z_0 - 0{,}0308$; $Z_2 = Z_1 - 0{,}0616$; $Z_n = Z_{n-1} - D_n$. Hieraus folgt:

$$Z_n = Z_0 - \frac{n\ (n+1)}{2} .\ k,$$

wenn k 0,030775 gleich ist. M_n ist die Zahl, welche zum Logarithmus das Z_n hat, also: $\log M_n = Z_n = Z_0 - \frac{n\ (n+1)}{2}\ k$.

M_n entspricht der in der Schicht n nach 3 Stunden verdauten Menge von Stickstoff. In der Schicht O, d. h. unmittelbar an der Magenwand, ist beinahe die ganze gegebene Menge Fleisch, 3,206 g N entsprechend, verdaut. Die verdaute Menge nimmt erst langsam, dann immer schneller mit steigendem N, d. h. mit dem Abstand der Schicht von der Magenwand, ab. In der Schicht 4 ist die Verdauung nur halb so groß wie an der Magenwand, in der Schicht 6 nur ein Viertel, in der Schicht 10 nur ein Fünfzigstel der Verdauung an der Magenwand. Überhaupt tragen die inneren Schichten nur äußerst wenig zur verdauten Menge bei.

Die totale verdaute Menge ist gleich der Summe der in den verschiedenen Schichten verdauten Mengen, so daß $M = \Sigma M n$. Bei der Zufuhr von nur 100 g Fleisch ist $n = 1$, also $M = M_1$, bei 200 g Fleisch ist $n = 2$, also $M = M_1 + M_2$ u. s. w.

Mit E wird die Differenz zwischen den im Experiment gewonnenen Zahlen und denjenigen, welche die Berechnung ergibt, bezeichnet: k ist so gewählt, daß die Summe der Differenzen E gleich Null ist.

Wie man sieht, ist die Übereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Zahlen eine überraschend große. Das kann nur darauf beruhen, daß die den Berechnungen zu Grunde liegenden theoretischen Erwägungen zutreffend sind. Von größter Bedeutung für die weiteren Ausführungen ist der Satz, daß innerhalb der Versuchsfehler die Verdauung einer gegebenen Schicht von den übrigen Schichten unabhängig ist. Zum Beispiel: die an der Magenwand liegende äußerste Schicht wird verdaut und in den Darm befördert, unabhängig davon, wieviel Fleisch innerhalb derselben liegen resp. wieviel Fleisch noch außerdem zugeführt worden sein mag. Die Magensaftabsonderung muß augenscheinlich in entsprechender Weise geregelt sein. Daß wirklich eine gesetzmäßige Anpassung der Magensaftabsonderung an die Menge des verabreichten Fleisches stattfindet, beweist folgende Versuchsreihe, die an einem „polychymotischen" Hunde unter Zufuhr von verschiedenen Fleischmengen ausgeführt worden ist.

Es wurden gewöhnlich dem Hunde[5]) 12,5 g — 25 g — 50 g — 100 g Fleisch in einzelnen Versuchen gegeben. Der Magenbrei, je nachdem er sich entleerte, wurde gemessen und in verschiedenen Intervallen ins Duodenum befördert, wobei demselben die entsprechenden Papillenabsonderungen beigemengt wurden. Selbstverständlich weicht die Magenverdauung unter solchen künstlichen Bedingungen in gewissem Maße von der Norm ab. Da es sich aber hier nur um relative Ergebnisse der Versuche, die unter gleichen Bedingungen stattfinden, handelt, so sind die Zahlen für die Norm maßgebend. Man besitzt leider bis jetzt noch

keine Methode, mit Hilfe welcher man den Gang der Magenabsonderung im verdauenden Magen direkt verfolgen könnte.

Tabelle IV.

Verdauungsperiode in Stunden:	Befördertor Magenbrei (in ccm) bei Fleischzufuhr in folgenden Mengen:			
	100 g	50 g	25 g	12,5 g
0—1	177	172	120	76
1—2½	168	79	48	44
2½—Schluß	169	46	46	0

Man sieht aus diesen Zahlen deutlich, daß die Menge des Magensaftes, welche pro Zeiteinheit geliefert und mit dem gebildeten Brei in den Darm befördert wird, mit der Menge des Mageninhaltes steigt.

Arrhenius bemerkt, daß „wenn der Mageninhalt groß ist, die Schleimhautoberfläche desselben ausgedehnter ist, als bei geringerem Mageninhalt. Deshalb ist auch die Dicke der Schicht um so größer, je geringer der Mageninhalt ist. Andererseits wird aber die Menge Magensaft, welche auf diese Schicht verteilt wird, größer, da kein Magensaft für die anderen Schichten in Anspruch genommen wird. Es ist aber auch möglich, daß die Menge Magensaft, welche pro Stunde geliefert wird, bei großem Mageninhalt etwas größer ausfällt, als bei geringerem, worauf die oben gegebenen Ziffern deuten, so daß die Wirkung, welche als direkte bezeichnet wird, teilweise kompensiert wird."

Der direkte Versuch hat, wie zu ersehen ist, diese theoretische Erwägung bestätigt und erklärt, warum die Verdauung einer peripheren Schicht des Mageninhaltes von den innerhalb derselben gelegenen Schichten unabhängig ist und stets in derselben Weise sich vollziehen kann.

Von dieser Erfahrung ausgehend, konnte Arrhenius den Verlauf der Fleischverdauung nach Ablauf von 3 Stunden weiter berechnen. Er stellte die folgende Tabelle über die im Verlauf von drei Stunden verdaute Menge zusammen:

Tabelle V.

S	*M*	*V*	*W*	*T*	*D*
	25	100	100	25,0	
	50	98,3	98,3	49,1	
1	100	93,3	93,3	93,3	6,7
2	200	80,8	87,1	174,1	6,2
3	300	65,4	79,8	239,5	7,3
4	400	49,2	72,2	288,7	7,6
5	500	34,5	64,6	323,2	7,6
6	600	22,6	57,6	345,8	7,0
7	700	13,7	51,4	359,6	6,2
8	800	7,8	45,9	367,4	5,5
9	900	4,1	41,3	371,5	4,6
10	1000	2,0	37,4	373,5	3,9

In der ersten Rubrik stehen unter M die gegebenen Fleischmengen in g. Mit Hilfe der oben ausgeführten Berechnung wird die verdaute Menge (V) in jeder entsprechenden Schicht (S) von 1 an berechnet. T entspricht der totalen verdauten Menge in allen Schichten bis zu der betreffenden, also ist $T_2 = V + V_2$; $T_3 = V_2 + V_3$ u. s. w. Die mittlere Verdauung W in Prozenten berechnet, wird durch Division von T durch S erhalten, also $W_n = T_n : S_n$.

Will man nun den zeitlichen Verlauf der Verdauung von beispielsweise 1000 g Fleisch ermitteln, so findet man, daß nach 3 Stunden 373,5 g aus dem Magen verschwunden sind; demnach sind dann noch 626,5 g vorhanden. Aus der Rubrik W sieht man weiter, daß bei einem Mageninhalt von 626,5 g die in 3 Stunden verarbeitete Menge 55,9 % beträgt — zur Erleichterung diesbezüglicher Rechnungen sind in der Tabelle unter D die Differenzen der W-Werte angegeben; diese haben einen sehr regelmäßigen Gang, so daß die Interpolation sehr leicht erscheint. Da also 44,1 % von den 626,5 g, d. h. 276,3 g, nach weiteren 3 Stunden d. h. im ganzen nach 6 Stunden, noch übrig sind, muß man jetzt berechnen, wie weit diese 276,3 g nach Verlauf von 3 Stunden verdaut sind. Es stellt sich heraus, daß dann 51 g noch übrig bleiben. Zur Berechnung der verdauten Menge, wenn weniger als 100 g im Magen vorhanden sind, sind durch Extrapolation für 25 und 50 g gewonnene Zahlen in die Tabelle eingeführt.

Auf diese Weise hat Arrhenius eine Tabelle über den zeitlichen Verlauf der Verdauung zusammengestellt.

Tabelle VI.

Anfängliche Menge in g	unverdaute Mengen nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 9 Stunden	nach 12 Stunden
1000	626,5 (= 62,7 %)	276,3 (= 27,6 %)	51,0 (= 5,1 %)	0,92 (= 0,09 %)
800	433 (= 54,9 %)	131,7 (= 16,4 %)	12,5 (= 1,6 %)	0
600	254 (= 42,4 %)	42,2 (= 7 %)	0,47 (= 0,08 %)	0
400	111,3 (= 27,8 %)	8,2 (= 2,0 %)	0	0
200	25,9 (= 13 %)	0	0	0
100	6,7 (= 6,7 %)	0	0	0

Diese Tabelle ist graphisch in der vorliegenden Figur wiedergegeben. (Fig. 26).

Die in dieser Figur enthaltenen Kurven können alle durch Verminderung des Abszissenwertes erhalten werden. Wenn z. B. die Kurve für 1000 g bei der Zeit von 1,6 Stunden den y-Wert 800 g erreicht, so bedeutet dies nichts anderes, als daß die Kurve für 800 g erhalten wird, wenn man die Kurve für 1000 g um 1,6 Stunden nach links verschiebt.

Aus der Kurve für 1000 g läßt sich die zu jeder Verdauungszeit im Magen enthaltene Nahrungsmenge berechnen:

Zeit in Stunden	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unbeförderte Menge	1000	875	750	627	507	390	276	180	100	51	21	7	1
Differenz pro 100 g		125	125	123	120	117	114	96	80	49	27	17	6

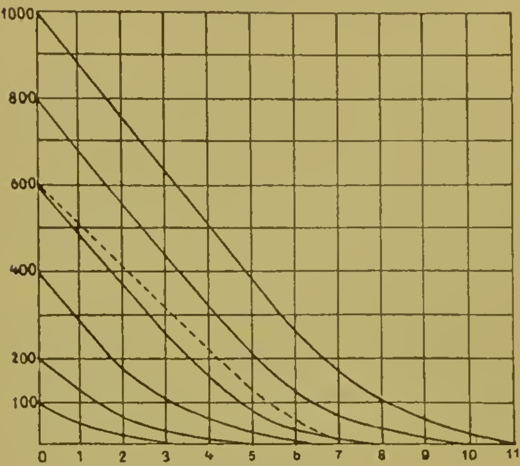


Fig. 26.

Die bei der Berechnung gewonnenen Ziffern mußten selbstverständlich durch das direkte Experiment kontrolliert werden. Die Kontrollversuche wurden nun an demselben Hund ausgeführt, an welchem auch diejenigen Experimente angestellt wurden, welche als Basis für die gesamten Ausführungen dienten.

Diese Versuche[6]) bestanden darin, daß man dem Hunde verschiedene Quantitäten von fein geschabtem Pferdefleisch (N-Gehalt $= 3{,}2\,^0/_0$) gab, nach verschiedenen Zeitintervallen den vollen Rest der im Magen gebliebenen Nahrung entnahm und darin den N-Gehalt bestimmte. Die Experimente wurden wie gewöhnlich so vorgenommen, daß sie das Tier nicht schädigen sollten.

In der folgenden Tabelle sind die gewonnenen und berechneten Resultate zusammengestellt.

Tabelle VII.

Verdauungstunden	N der im Magen verblieben Substanzen ber.	beob.	Diff.
		100 g	
3	0,2	0,2	0
		200 g	
3	0,8	0,7	— 0,1
		400 g	
3	3,6	3,6	0
6	0,3	0,4	+ 0,1
		600 g	
3	8,2	8,4	+ 0,2
6	1,4	1,7	+ 0,3
		800 g	
3	14,2	14,1	— 0,1
6	4,2	4,4	+ 0,2
9	0,4	0,6	+ 0,2

Verdauungsstunden	N der im Magen verbliebenen Substanzen ber.	beob.	Diff.
		1000 g	
1	28,3	28,7	+ 0,4
2	24,2	23,2	— 1,0
3	20,3	22,2	+ 1,9
4	16,4	17,2	+ 0,8
5	12,5	13,9	+ 1,4
6	8,9	10,0	+ 1,1
7	5,8	6,7	+ 0,9
8	3,2	2,7	— 0,5
9	1,6	1,8	+ 0,2
10	0,9	1,3	+ 0,4
11	0,2	0,6	+ 0,4
12	0	0	0

Wie zu ersehen ist, stimmt die direkte Beobachtung mit der theoretischen Berechnung vollkommen überein. Demnach muß die ganze Auffassung des Fleischverdauungsprozesses im Magen als richtig angenommen werden.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß der skizzierte Verlauf der Magenverdauung nur unter denjenigen Bedingungen zur vollen Geltung kommen kann, welche bei den angegebenen Versuchen geschaffen wurden. Die Nahrung bestand hauptsächlich aus feinem magerem Schabfleisch, welches leicht von dem sich absondernden Magensaft durchtränkt werden kann, was für die regelmäßige Bildung und Erhaltung der Verdauungsschichten entschieden von Bedeutung ist. Würde irgend eine andere Nahrung von anderer physikalischer und chemischer Beschaffenheit zugeführt worden sein, so müßte auch der Verdauungsverlauf ein anderer sein.

Ferner wurde in den angegebenen Versuchen das Futter per os verabfolgt. Wie bekannt hat diese Art Zufuhr für die Absonderung des Magensaftes, abgesehen davon, wie die Speise in den Magen gelangt, eine ganz besondere Bedeutung für den Akt der Auslösung. Es wird dabei der Magensaft augenscheinlich in der Weise sezerniert, daß die peripheren Schichten gewissermaßen unabhängig von den zentralwärts gelegenen in charakteristischer Art verdaut und weiterbefördert werden können. Würde nun aber dasselbe Fleisch unter Umgehen des natürlichen Weges in den Magen gebracht, so müßte die Verdauung einen anderen Verlauf nehmen.

In der Tat hat sich erwiesen, daß bei Verfütterung sowohl von gekochten Eiereiweißstückchen als auch bei direkter Einführung von

Schabfleisch in den Magen durch die Fistel, die Verdauung nach anderen Gesetzen verläuft, als oben beschrieben.

In einer Versuchsreihe[2]) wurden demselben Magenfistelhunde je 200 g Eiweiss von hart gekochten Eiern per os zugeführt. In der zweiten Versuchsreihe[7]) wurde auf zweierlei Art verfahren. Der Hund wurde an einen Tisch gebunden, die Schnauze bis über die Augen verbunden und dann das Fleisch durch die Fistelröhre in den Magen eingeführt. Da der Hund, der schon mehr als 3 Jahre zu Experimenten diente, noch niemals in dieser Lage und auf diese Weise gefüttert wurde (immer im Freien oder im Gestell), so kann kaum angenommen werden, daß er sich dessen bewußt war, was mit ihm vorgenommen wurde. Geruchsempfindungen können hier auch kaum in Betracht gezogen werden, da dem Hunde dieselben nie fehlten: der Raum, in dem er sich befand, war in der Nähe der Laboratoriumküche. Zu einer zweiten Versuchsserie wurde das Fleisch ceteris paribus bei unbedeckter Schnauze des Hundes in den Magen eingeführt, wobei von Zeit zu Zeit außerdem noch eine Reizung des Hundes mit dem Futter vorgenommen wurde.

Jedenfalls muß die Magenverdauung sich auch unter diesen Umständen als der Ausdruck einfacher regelmäßiger Verhältnisse präsentieren.

Arrhenius konnte die einfache Formel auffinden, nach welcher die Magenverdauung unter den gegebenen Bedingungen vor sich geht, indem er annahm, daß hier die Verdauung der vorhandenen Menge von Magensaft und diese Menge wiederum der Zeit proportional ist. Die pro Zeiteinheit verdaute und entleerte Nahrungsmenge $\frac{dx}{dt}$ ist dann sowohl der Zeit, als auch der noch vorhandenen Menge $(M-x)$ proportional. Also ist

$$\frac{dx}{dt} = 2k \cdot t\ (M-x)$$

$$dt = \frac{dx}{2k\ t\ (M-x)}$$

Durch Integration erhält man

$$1)\quad t = \int \frac{dx}{2kt\ (M-x)} = \frac{1}{2kt} \int \frac{dx}{M-x} = \frac{1}{2kt} \log \frac{1}{M-x} + C$$

Bei $x = o$ ist auch $t = o$. Also ist

$$2)\quad O = \log \frac{1}{M} + C.$$

Durch Subtraktion 2) von 1) erhält man

$$2kt^2 = \log \frac{1}{M-x} - \log \frac{1}{M} = \log \frac{M}{M-x}$$

Mit Hilfe dieser Formel kann $M-x$ zur gegebenen Zeit bestimmt werden.

In der folgenden Tabelle sind die Versuchsbefunde mit den nach dieser Formel berechneten Zahlen zusammengestellt.

Tabelle VIII.

A. Fütterung per fistulam mit verdeckten Augen und Schnauze.

$k = 0,018$	Verdauungs-stunden (t)	Im Magen gebliebene Menge ($M-x$) in % beob.	ber.	Differenz
	0	100	100	—
	2	84	84,7	— 0,7
	4	56	51,5	+ 4,5
	6	20	22,5	— 2,5
	8	7	7,0	0
	9	0	3,5	— 3,5

B. Fütterung per fistulam mit unverdeckten Augen und Schnauze.

$k = 0,0193$				
	0	100	100	—
	2	84	83,7	+ 0,3
	4	53	49,1	+ 3,9
	6	18	20,1	— 2,1
	8	5	5,8	— 0,8
	9	0	2,7	— 2,7

Im Versuch *B* verlief die Verdauung um etwa 7% geschwinder als im Versuch *A*. Wenn es sich hier nicht um die unvermeidlichen Versuchsfehler handelt, kann die Differenz vielleicht auf die Verschiedenheit der Versuchsanordnung bezogen werden. Jedenfalls stimmt der Versuch mit der Berechnung gut überein.

Von denselben Erwägungen ausgehend, wandte Arrhenius die Formel für monomolekulare Reaktionen mit Erfolg an: $\log (100 : M) = kt$ in der Deutung des Versuches mit Eiereiweißfütterung.

Tabelle IX.

$k = 0,1875$	Verdauungs-stunden (t)	Im Magen verbliebene Eiweißmenge (M) beob.	ber.	Diff.
	0	100	100	—
	1	70	65	+ 5
	2	32	42	— 10
	3	28	27	+ 1
	4	18	18	0
	5	15	12	+ 3
	6	4	7	— 3

Die Übereinstimmung zwischen der Erfahrung und Beobachtung ist auch hier eine gute.

Nun ist diese Übereinstimmung keine zufällige. Hängt nämlich die Magenverdauung mit der Sekretionsart des Magensaftes und dessen Verteilung im Mageninhalt zusammen, so könnte man diese Monomolekularformel als richtig annehmen, wenn geringe Mengen Schabfleisch verabreicht worden sind, weil in diesem Falle die Verdauung in den Schichten nicht regelrecht vor sich gehen kann, wie dieses auch die Erfahrung zeigt.

Probiert man nun, die Monomolekularformel nach den bei der Arrhenius'schen Schichtenformel gewonnenen Zahlen für die zeitliche Verdauung von 200 g Fleisch zu berechnen, so erweist es sich, daß dieselben vollkommen einander entsprechen, wie aus der folgenden Tabelle zu ersehen ist.

Tabelle X.

$k = 0{,}25$	Verdauungsstunden (t)	Im Magen verbliebene Fleischmenge (M) in % beob.	ber.	Diff.
	0	100	100	0
	1	60	56	+ 4
	2	31	32	— 1
	3	15	18	— 3
	4	5	10	— 5
	5	0	6	— 6

In geeigneten Fällen steht also die Schichtenformel mit der Monomolekularformel in Einklang.

Soweit also die bisherige Erfahrung reicht, richtet sich der Magen bei der Verdauung von Eiweißnahrung jeweilig nach der Schichtenformel oder nach der Monomolekularformel.

δ) Ausgiebigkeit der Verdauung.

Untersuchungen[8]) an Hunden mit einer transpylorischen Fistel unter Bestehenbleiben der Darmrückwirkung auf den Magen ergaben, daß die Ausgiebigkeit der Eiweißverdauung im Magen je nach der Natur der zugeführten Stoffe wechselt. Am vollkommensten wird Gelatine verdaut, doch bleibt auch hier ein geringer Teil unverflüssigt, und zwar erhalten die ersten aus dem Magen kommenden Portionen etwas unverdaute Substanz. Da dieses gerade mit den ersten Entleerungen geschieht, so liegt kein Grund vor, diese Erscheinung nicht als eine normale, sondern als eine durch die experimentellen Eingriffe hervorgerufene aufzufassen. Sonst werden in der Regel die Eiweißsubstanzen im Magen nicht in toto gelöst. Für eine und dieselbe Eiweißart scheint die Verdauungstätigkeit des Magens konstant zu sein, indem sie weder von der zugeführten

Nahrung noch von der Verzögerung der Entleerung des Magens abhängt. Es wurden an einem Hunde 4 Versuche mit Darreichung von 25 g, sodann 50 g, 75 g und 100 g Gliadin angestellt. Die Dauer der Versuche betrug 3 Stunden 50 Min. bis 4 Stunden 55 Min., war also in der Mehrzahl der Fälle eine maximale. Die Analyse des aus der transpylorischen Fistel gewonnenen Breies ergab, daß der Prozentsatz der verdauten Stickstoffsubstanzen, wie aus den beifolgenden Daten ersichtlich ist, keine bedeutenden Schwankungen aufweist.

Tabelle XI.

Verfüttertes Gliadin in g.	Dauer des Versuches	Prozentsatz der Verdauung
25	3 Stunden 50 Min.	86
50	4 „ 55 „	85
75	4 „ 05 „	85
100	4 „ 20 „	79

Die Verdaulichkeit einzelner Eiweißarten kann in folgenden Zahlen zum Ausdruck gebracht werden:

Tabelle XII.

Eiweißart:	Dauer des Versuches in Stunden:	Prozentsatz der Verdauung:
Gelatine	$3^1/_2$	99
Fleisch	4	91
Edestin	4	88
Kasein	4	84
Gliadin	$4^1/_2$	78
Serumeiweiß	$3^3/_4$	56
Eiereiweiß	$4^1/_4$	54

Die angeführten Versuchsresultate gestatten den Schluß, daß der Magenverdauung für jede Eiweißart eine gewisse maximale Ausgiebigkeit zukommt, die während des normalen Verweilens der Substanz in demselben erreicht werden kann. Übermäßiges Verweilen der Speise im Magen löst wie es scheint keine ausgiebigere Verdauung aus.

ε) Magensaftsekretion.

Ein Hund mit einer transpylorischen Fistel wurde in einzelnen Versuchen ceteris paribus mit verschiedenen Eiweißarten gefüttert. Unter Bestehenbleiben der Darmrückwirkung mittels entsprechender Injektionen wurden die Magenentleerungen gesammelt, gewogen und zu weiteren Analysen verwertet. Da der Inhalt des Magens, wie es weiter unten eingehender besprochen werden wird, gar nicht resorbiert wird, so bestehen die ausgeschiedenen Produkte des pylorischen Teiles aus Nahrung, Speichel und Magensekretion. Mehrere Versuche am oesophagoto-

mierten Hunde ergaben, daß bei einer geringen Speiseaufnahme ca. 5 g Speichel ausgeschieden werden. Durch Subtraktion kann somit die Menge des Magensaftes auf direktem Wege ermittelt werden. Folgende Tabelle gibt die Versuchsresultate wieder.

Tabelle XIII.

Zugeführte Speise:	Dauer des Versuches in Stunden:	Gewicht des Chymus in g:	Magensaft in g resp. ccm:
25 g Edestin (mit 80 ccm Fleischwasser zu einem Brei vermischt)	4	285	175
25 g Gliadin (2 Versuche) (mit 80 ccm Fleischwasser zu einem Brei vermischt)	4	303	193
25 g Casein (2 Versuche) (mit 80 ccm Fleischwasser zu einem Brei vermischt)	$4^1/_6$	313	203
188 g Eiereiweiß koaguliert und gemahlen	$4^1/_4$	461	271
25 g Gelatine, etwa 10%iges Gelée in Stücken (= 293 g)	$3^3/_4$	588	290
25 g Serumeiweiß, grobes Trockenpulver in 80 ccm Wasser aufgenommen	$3^1/_2$	406	296

Man sieht aus den vorliegenden Befunden, daß die sich ergießende Magensaftmenge bei verschiedenen Eiweißspeisen mit einem und demselben Gehalt an Stickstoff eine verschiedene ist. Es fällt dabei auf, daß nicht die chemische Zusammensetzung der verfütterten Eiweißart hier maßgebend ist, sondern die physikalische Beschaffenheit der Speise. So wurden bei den chemisch so verschiedenen Eiweißarten, wie Edestin, Gliadin und Casein beinahe gleiche Mengen Magensaft abgesondert — alle diese Substanzen waren in Form eines lockeren Breies verabfolgt worden. Bei den übrigen Speisen, wo gröbere, kompakte Stücke eingeführt wurden, war die Magensaftsekretion viel ausgiebiger; am ausgiebigsten war sie beim Serumeiweiß, welches eine vollkommene, feste Konsistenz besaß.

Nimmt man den Mittelwert der gewonnenen Zahlen, so zeigt es sich, daß eine Eiweißnahrung, welche einer Fleischmenge von 100 g entspricht (= 3,2 g Stickstoff), bei einem mittelgroßen Hunde ungefähr 230—240 ccm Magensaft für ihre Verdauung erhält. Es fragt sich nun, wie die Magensaftmenge auf die Nahrungsmenge eingestellt ist.

Zur Beantwortung dieser Frage sind spezielle Versuche am „polychymotischen“ Hund[5]) unter Verfütterung von verschiedenen Fleischmengen (12,5 g—25 g—50 g—100 g) angestellt worden. Es stellte sich heraus, daß die sich auf die Nahrung ergießende Magensaftmenge mit der Quadratwurzel der gegebenen Nahrungsmenge in direktem Verhältnis steht. Die betreffenden Zahlengrößen sind in der folgenden Tabelle angeführt.

Tabelle XIV.

Menge des Fleisches in g:	Menge des Magensaftes in ccm: beob.	ber.	Differenz
100	361	361	0
100	386	361	+25
50	258	255	+ 3
50	242	255	—13
25	186	181	+ 5
25	176	181	— 5
12,5	105	128	—23
12,5	112	128	—16

Dieser Hund secernierte unter gleichen Bedingungen mehr Magensaft als der vorhergehende. Die absoluten Zahlen schwanken im Allgemeinen in Abhängigkeit von der Individualität, Rasse, Alter, Wuchs u. s. w.

Der Überschuß an Stickstoff, den man aus der transpylorischen Fistel im Vergleich zum gegebenen N erhält, muß sich selbstverständlich auf den hinzugekommenen Magensaft beziehen. Es erwies sich, daß der Magensaft bei Eiweißnahrung 0,15 % Stickstoff enthält und 0,5 % Salzsäure. Es war nun von Interesse zu wissen, wie der Stickstoff des Magensaftes zum N der Nahrung eingestellt wird. Diesbezügliche Versuche sind an einem Kleinmagenhunde ausgeführt worden[9]). Es erwies sich, wie die angeführte Tabelle zeigt, daß 1) der Stickstoff des Magensaftes der Quadratwurzel der Menge des verabfolgten Fleischstickstoffes direkt proportional ist und 2) die Konzentration des Saftstickstoffs der Quadratwurzel der Fleischmenge umgekehrt proportional ist.

Wenn N der Stickstoff des Magensaftes und N_1 der Stickstoff des dargereichten Fleisches ist, so ist

$$N = k\sqrt{N_1}; \quad k = 4{,}04$$

Wenn Q das Quantum des Magensaftes, N der Stickstoff desselben, M die Menge desselben ist, so erhält man, wenn als Grundlage für die Berechnung die für 1000 g Fleisch gewonnenen Zahlen angenommen werden,

$$\frac{N}{Q} : \frac{29{,}7}{121{,}7} = \sqrt{1000} : \sqrt{M},$$

woraus sich ergibt

$$Q = 0{,}129\, N \sqrt{M}.$$

Nach dieser Formel sind die Quantitäten des Magensaftes für einzelne der erwähnten Versuche berechnet worden.

Tabelle XV.

Menge des verfütterten Fleisches in gr	N	N (mg) ber.	beob.	Diff.		Menge (ccm) des Magensaftes ber.	beob.	Diff.
1000	32,0	—	29,7	—		121,7	121,7	0
750	24,0	19,8	20,6	+ 0,8		72,8	72,0	— 0,8
500	16,0	16,2	19,1	+ 2,9	+ 4,0	55,2	60,4	+ 5,2
400	12,8	14,5	13,0	— 1,5		33,6	34,2	+ 0,6
250	8,0	11,4	11,7	+ 0,3		23,9	24,0	+ 0,1
125	4,0	8,1	7,7	— 0,4		11,1	11,8	+ 0,7
62,5	2,0	5,7	4,9	— 0,8	— 3,5	5,0	4,8	— 0,2
31,25	1,0	4,0	3,2	— 0,8		2,3	2,6	+ 0,3

Was nun den zeitlichen Verlauf der Magensekretion anbelangt, so wurde einerseits diese Frage schon oben besprochen, andererseits aber müssen noch weitere Untersuchungen gemacht werden.

ζ) Grad des Abbaues.

Bei der Spaltung eines Eiweißstoffes werden dessen Bausteine nach und nach frei gemacht. Es werden dabei einzelne chemische Körper frei, welche durch geeignete chemische Methoden quantitativ bestimmt werden können. Andererseits läßt sich auch der Verdauungsfortschritt durch die Bestimmung der Peptidbindungspaltungen verfolgen (Sörensen, Henriques und Gjälback). Die genuinen Eiweißstoffe haben einen sehr geringen Gehalt an amidartig gebundenem Stickstoff, der sich durch die Formolmethode titrieren läßt. Sobald aber die Peptidspaltungen durch den Verdauungsprozeß eingesetzt haben, vergrößert sich die Zahl der freigewordenen Amidogruppen. Nehmen wir an, daß die Zahl der Amidogruppen resp. des Amid-N gleich A ist. Durch nachträgliche Hydrolyse ($1^1/_2$ Stunden im Autoclav bei 150° C. mit $\frac{n}{3}$ HCl) wird bestimmt, wie viel Peptid-N durch die Verdauung nicht losgekettet worden ist. Nehmen wir an, daß diese N-Menge gleich P ist. Dann zeigt der Quotient $\frac{P}{A+P}$ den Grad der Verdauungsspaltung (= Peptidzahl).

An einem kräftigen mittelgroßen Magenfistelhund[10]) wurden folgende Eiweißarten verfüttert: 1. gekochtes Eiereiweiß in Stücken; 2. mehrfach ausgekochtes Pferde- und Hundefleisch; 3. Serumeiweiß vom Pferd und vom Hund bei 40° C. getrocknet und dann in Wasser aufgeschwemmt; 4. Blutfibrin (Merck) mit Wasser vermischt; 5. käufliches Kasein mit Wasser zu Brei verrührt; 6. Elastin aus lig. nuchae vom Rind gepulvert und in Wasser aufgeschwemmt; 7. Gelatine in heißem Wasser zu 25 % aufgelöst, dann abgekühlt und in Stücke zerkleinert; 8. Gliadin (aus der Pasewalker Stärkefabrik) mit Wasser zu Brei aufgekocht.

Es wurden folgende Zahlen erhalten:

Tabelle XVI.

Art der Eiweiß-substanz	Peptid-N in % des gesamten Amid-N (Peptid-Zahl)	Gesamter Amid-N in % des Gesamt-N
Gelatine	94	65
Gliadin	93	49
Edestin	91	56
Pferdeplasmaeiweiß	90	76
Hundefleisch	90	67
Eiereiweiß	89	65
Fibrin	88	65
Hundeplasmaeiweiß	86	68
Casein	86	50
Pferdefleisch	82	50

Die Magenverdauung hat demnach nur einen ganz geringen Spaltungsgrad der Peptidgruppe zur Folge und zwar durchschnittlich ca. 5 % (die meisten Proteinstoffe haben schon im nativen Zustande 5—7 % formoltitrierbaren N, Casein sogar mehr.)

Das Ansteigen des freien Amid-N in den Magenverdauungsprodukten muß auf die Abspaltung komplizierterer Bausteine zurückgeführt werden. Direkte Untersuchungen der löslichen Magenverdauungsprodukte, welche bei Hunden mit Magenfistel oder transpylorischer Fistel unter Verfütterung von Fleisch oder Eiereiweiß oder Gliadin gewonnen waren, haben erwiesen, daß im Magen keine Aminosäuren von den Eiweißmolekülen abgespalten werden. Derartige Versuche sind auch mit einigen synthetisch dargestellten Polypeptiden wie Diglycyl-Glycin und Triglycyl-Glycinäthylester ausgeführt worden. Es erwies sich, daß auch diese Peptidkörper im Magen gar nicht oder höchstens in kaum merkbarem Grade verändert werden.

Unter Anwendung von Fällungsmethoden ist festgestellt worden, daß die im Magen gelösten Eiweißsubstanzen in größtem Maße aus Albumosen bestehen[8]). In Zahlen ausgedrückt, ergeben sich bei einzelnen Eiweißarten folgende Resultate:

Tabelle XVII.

Eiweißart	Prozentgehalt der Albumosen in %
Eiereiweiß	78
Gliadin	98
Edestin	60
Kasein	60
Gelatine	51
Serumeiweiß	46

Bei einer und derselben Eiweißart bleibt der Gehalt an Albumosen konstant. Es wurden zwar in einer Versuchsreihe[8]) einem Hund mit einer transpylorischen Fistel verschiedene Gliadinmengen verfüttert, wobei die Dauer der Verdauung in den meisten Fällen beinahe dieselbe war. Wie folgende Zahlenreihe zeigt, erwies sich der Albumosengehalt in allen Versuchen beinahe als derselbe.

Tabelle XVIII.

Verfütterte Gliadinmenge in g	Dauer der Verdauung	Prozentsatz der Albumosen
25	3h 50′	81
50	3h 55′	86
75	4h 05′	87
100	4h 20′	85

Aus dem Obenerwähnten geht hervor, daß die Eiweißmoleküle im Magen nur in gröbere Stücke gespalten werden, wodurch, wie schon aus verschiedenen Versuchen in vitro bekannt ist, die weitere Verdauung im Darm erleichtert wird.

Bei verschiedenen Eiweißarten vollzieht sich auch die Spaltung verschieden.

η) Dauer der Verdauung.

Nachdem Arrhenius festgestellt hatte, daß der zeitliche Verlauf der Magenverdauung bei Zufuhr von verschiedenen Fleischmengen in einer bestimmten mathematischen Formel seinen Ausdruck findet, mußte er den Schluß ziehen, daß zwischen der Fleischmenge und der Dauer der Verdauung ein regelmäßiges Verhältnis besteht. Die Berechnung hat erwiesen, daß bie Dauer der Verdauung der Quadratwurzel der verfütterten Fleischmengen parallel geht.

Eine späterhin ausgeführte Versuchsreihe[9]) an einem Kleinmagenhunde hat, wie folgende Zahlenreihen zeigen, diesen Schluß vollkommen bestätigt.

Tabelle XIX.

	Menge des Fleisches in g	Dauer der Verdauung in Stunden ber.	beob.	Diff.
$k = 0,34$	1000	11,4	13,0	+ 1,6
	750	19,9	19,5	— 0,4
	500	7,5	8	+ 0,5
	400	6,8	7	+ 0,2
	250	5,4	5	— 0,4
	125	3,8	3,5	— 0,3
	62,5	2,7	2,5	— 0,2
	31,25	1,9	2,0	+ 0,1

Wie weiter unten gezeigt werden wird, besteht diese Regelmäßigkeit auch bei anderen eiweißhaltigen Nahrungsarten zu Recht.

Vergleicht man die Schnelligkeit der Verdauung irgend einer Speise bei großen und kleinen Hunden, so fällt ins Auge, daß bei der Verfütterung gewisser Quantitäten hierbei kein großer Unterschied besteht. So z. B. enthielt ein großer Hund von 30 Kilo Gewicht bei Fütterung mit 200 g gemahlenem Fleisch nach Verlauf von 2 Stunden im Magen 62 % der verabfolgten Menge, während ein 5 mal so leichter Hund bei denselben Bedingungen 38 % enthielt. Diese Tatsache kann ihre Erklärung darin finden, daß der Verdauungsprozeß bei größeren Nahrungsquantitäten verhältnismäßig intensiver verläuft als bei kleineren Mengen. 200 g Fleisch sind wahrscheinlich dasjenige Quantum, welches für einen großen Hund sehr klein ist — deshalb geht der Prozeß relativ träge vor sich — und sehr groß für einen kleinen Hund, weshalb die Verdauung in diesem Fall lebhafter verläuft; hier berühren sich so zu sagen die diametral entgegengesetzten Erscheinungen.

9) Resorption.

An einer großen Zahl von Hunden mit transpylorischer Fistel und Magenfistel unter Aufrechterhaltung der Darmrückwirkung auf den Magen und unter Vermeidung des Zurückfließens von Duodenalsäften in die Magenentleerungen, wurde mehrfach festgestellt, daß der Magen mehr Stickstoff abgibt,[8]) als ihm mit der Speise zugeführt worden ist. Als Beispiel diesbezüglicher Versuche soll folgende Reihe angeführt werden.

Tabelle XX.

Eiweißart	Verfüttert Stickstoff in g	Zurückgenommen Stickstoff der Magenentleerung in g	Differenz
Kasein	2,691	3,033	+ 0,342
Kasein	2,966	3,399	+ 0,433
Edestin	3,392	3,684	+ 0,292
Gliadin	3,385	3,759	+ 0,374
Gliadin	3,414	3,673	+ 0,259
Eiereiweiß	3,383	3,817	+ 0,434
Serumeiweiß	3,418	3,621	+ 0,203
Gelatine	3,685	4,021	+ 0,336
Produkte der Kaseinverdauung im Darm	0,970	1,095	+ 0,125
Gliadin „ „	1,401	1,555	+ 0,154
Fleisch „ „	0,958	1,091	+ 0,133

Der Stickstoffüberschuß muß auf diejenigen Substanzen bezogen werden, welche sich der Nahrung von seiten des Verdauungsapparates

bis zum pylorischen Teil (Speichel, Magensaft, Schleim, geschabte Epithelialzellen, Bakterien u. s. w.) beimengen. Nun ist aber die Menge des Stickstoffes in den Körpersäften in jedem einzelnen Versuche nicht bestimmbar und deshalb kann man annehmen, daß der Magen einen Teil von *N* aus der Versuchssubstanz absorbiert hat, nur ist die resorbierte Menge durch den beigemengten Körpersäftestickstoff gedeckt.

Es lag also auf der Hand, solche Versuchsbedingungen zu schaffen, dank welchen die Abgabe der Körpersäfte beschränkt, die Energie der Resorption dagegen gesteigert ist. Bei Blutverlust werden gerade diese Bedingungen gegeben. Es wurde[5]) nun folgender Versuch angestellt. Einem Hunde mit transpylorischer Fistel wurde eine Lösung von Fleischverdauungsprodukten in den Magen zweimal unter (+) und zweimal ohne (—) Aufrechterhaltung der Darmrückwirkung injiziert. Dann wurde ihm $^1/_3$ der Blutmenge entzogen und zwei nacheinanderfolgende Versuche angestellt. Am zweiten und achten Tage nach der Blutentziehung wurden dieselben wiederholt. Es erwies sich (siehe Tabelle XXI), daß der Magen auch nach der Blutentziehung im Stickstoff mehr ausführte, als ihm zugeführt worden war, und zwar in demselben Maße.

Tabelle XXI.

Aufrechterhaltung (+) der Darmrückwirkung	Dauer d. Versuches	Zugeführter Stickstoff in g	Ausgeführter Stickstoff in g	Differenz	Menge der Körpersäfte in ccm
		Vor der Blutentziehung.			
—	30′	0,817	0,848	+ 0,031	55
+	1h 50′	0,773	0,869	+ 0,096	155
—	31′	0,733	0,751	+ 0,018	30
+	2h 15′	0,733	0,860	+ 0,127	190
		Sofort nach der Blutentziehung.			
—	45′	0.792	0,861	+ 0,069	25
+	1h 45′	0,792	0,821	+ 0,029	30
		Am 2ten Tage nach der Blutentziehung.			
—	33′	0,746	0,772	+ 0,026	20
+	1h 25′	0,746	0,764	+ 0,018	20
		Am 8ten Tage nach der Blutentziehung.			
+	15′	0,734	0,808	+ 0,074	60
+	3h 20	0,734	0,796	+ 0,062	120

Ferner versuchte man diese Frage noch auf andere Weise zu lösen. Der Versuch bestand darin, daß ein Hund mit einer transpylorischen Fistel und transplantierten Gallenpapille 50 g in Wasser aufgekochtes Gliadin erhielt.[11]) Der ganze Brei, der im Laufe von $3^1/_2$ Versuchsstunden gesammelt wurde, wurde direkt auf dem Wasserbade getrocknet und auf

den Glutaminsäuregehalt untersucht, wobei als Kontrolle 50 g desselben Gliadins dienten, welche in derselben Weise verarbeitet waren, wie das Versuchsmaterial. Das Kontrollgliadin gab 14,20 g mit einem Chlorgehalt von 19,43 % und die Magenentleerung 14,14 g mit einem Chlorgehalt von 19,30 %. Daraus kann man also schließen, daß der Magen ebensoviel Glutaminsäure ausgeschieden hat, wie ihm zugeführt worden war. Da die Glutaminsäure in den Magenverdauungsprodukten nicht frei, sondern mit anderen Aminosäuren der Eiweißmoleküle gebunden ist, so kann derselbe Satz auf alle diese Verbindungen übertragen werden.

Sollte also der Magen doch einen Teil der Eiweißabbauprodukte aufnehmen, so könnte es sich nur um minimale Mengen desselben handeln, welche durch die uns zur Zeit zu Gebote stehenden Methoden nicht entdeckt werden können.

In der gewöhnlichen, namentlich in der Fleischnahrung sind außer Eiweiß Nukleoproteide enthalten. Das Schicksal dieser Substanzen ist, soweit die moderne Chemie der Nukleinsubstanzen es ermöglicht, mit Hilfe der Polyfistelmethode studiert worden, wobei Hunden entweder reines, aus der Pferdeleber ausgeschiedenes Nukleoproteid, oder reines Hefe- oder thymonukleinsaures Natrium oder endlich ein Gemisch von Nahrungsstoffen und diesen letzteren Substanzen dargereicht wurden. Das Experiment lehrt, daß vom Standpunkte einer späteren chemischen Analyse die Darreichung von reinem nukleinsaurem Natrium am vorteilhaftesten ist. Das Präparat wird mit reinem Wasser zu einem Brei verrieben, den Hunde, wie sich erweist, sehr gern zu sich nehmen. Da bei großen Dosen des Präparates viel von der unverdauten Substanz, welche in der Kanüle stecken bleibt, aus der Fistel abgeht, so muß man der Ausscheidung von Klumpen mit einer Pinzette nachhelfen.

Über das Verhalten von Nukleinstoffen im Magen kann man auf Grund folgender, an 2 mit einer transpylorischen Fistel versehenen Hunden, ausgeführten Versuche Aufschluß gewinnen.

Hund I.[12]) Verfüttert wurde Lebernukleoproteid mit 1,980 g N und 0,4350 P in Form eines Breies mit Wasser. Die gewonnene Magenausscheidung enthielt einen Überschuß von 5 % N und 6 % P. In einem zweiten Versuch nach Verfütterung einer Nukleoproteidmenge mit 2,640 g N und 0,580 g P wurde eine Magenausscheidung mit einem Überschuß von 5 % N und 4 % P gewonnen. Der ungelöste Speiserest enthielt 40 % N und 40 % P der gesamten Ausscheidung im ersten Versuche und 34 % im zweiten. Die Magenverdauung dauerte $3^1/_2$ Stunden. Es läßt sich aus diesen Versuchen der Schluß ziehen, daß ungefähr $^2/_3$ des Nukleo-

proteids im Magen in Lösung übergeht, wobei das ganze Nukleoproteidmolekül als solches in Lösung kommt.

Hund II.[13]) Nahrung: 25 g Weißbrot + 8 g thymonukleinsaures Natrium. Dauer des Versuches: $3\frac{1}{2}$ Stunden.

Gesamt-*N* der Magenausscheidung	: 1,89 g
P_2O_5	: 2,40 „
Purinbasen-*N*	: 0,58 „

10 g der Trockensubstanz in 300 ccm H_2O durch 2stündiges Schütteln im Schüttelapparat gelöst und 5 Tage lang unter täglichem Wasserwechsel dialysiert. Das Dialysat wurde im Vakuum bei 40° C. auf 200 ccm eingeengt. Es enthielt keine Purinbasen.

26,5 g wurden in 400 ccm H_2O unter Zusatz von soviel Normalnatronlauge, daß die Reaktion eben alkalisch war, durch 2stündiges Schütteln im Schüttelapparat gelöst. Die Lösung wurde filtriert und zum Filtrat 100 ccm einer 25%igen Lösung von Bleiacetat zugesetzt. Dabei fiel das Bleisalz der Thymonukleinsäure in dicken Flocken aus. Nach 12stündigem Stehen wurde abfiltriert. Das Filtrat wurde durch H_2S entbleit und 100 ccm mit 5 ccm H_2SO_4 3 Stunden am Rückflußkühler gekocht; es ließen sich mit der Kupfersulfat-Bisulfitfällung keine Purinbasen nachweisen. Dasselbe Resultat bei Fällung mit ammoniakalischer Silberlösung.

Die Thymonukleinsäure war demnach völlig unzersetzt im ursprünglichen Zustande erhalten. Sie konnte auch aus dem Inhalt des Dialysenschlauches in reinem Zustand als weißes Pulver, das gut gelatinierte, wieder gewonnen werden.

Mit einem Worte, der Magen löst ca. $\frac{2}{3}$ des Speisenukleoproteids auf. Die gelöste Substanz erleidet aber dabei keine chemische Veränderung und kommt nicht zur Resorption.

Verdauung von Kohlehydraten.

Der Hundespeichel enthält, wie bekannt, keine Diastase. Der Hundemagensaft vermag eine geringe spaltende Wirkung auf lösliche Kohlehydrate nur dank der Salzsäure zu entfalten. Wenn also im Hundemagen eine bedeutende Verdauung von Kohlehydraten stattfindet, so sind darin die regurgitierten Duodenalsäfte beteiligt.

α) Einfluß des physikalischen Zustandes.

Es gibt selten Hunde, welche rohe Stärke in Form von Emulsion gerne zu sich nehmen. An einem solchen Magenfistelhund[14]) wurden 5 Versuche mit dieser Substanz angestellt. Jedes Mal bekam der Hund 60 g Reisstärke in 300 ccm Wasser. Die Magenentleerung (siehe Tabelle XXII)

setzte bald ein und endete in ganz kurzer Zeit. Nach 2 Stunden schon wurden nur geringe Reste gefunden.

Tabelle XXII.

Dauer des Versuches in Stunden	N des Magenbreies in g	Im Magen zurückgebliebene Stärke in % (Mittelwerte)
1	0,128	
1	0,105	30
2	0,027	
2	0,092	4

Ganz anders verhielt sich der Magen gegen dieselbe Reisstärke, wenn sie in trockener Form in Stücken dargereicht wurde. Es handelt sich um einen Hund mit einer transpylorischen Fistel, dem nur 20 g Stärke verabfolgt wurden. Die Stärkebrocken verweilten im Magen im Laufe von $2^1/_2$ Stunden und verließen denselben als dicker, weißer, schleimiger Brei, der keine merkliche Quellung zeigte.

β) Zeitlicher Verlauf der Evakuation von Stärke aus dem Magen.

Der Gang der Magenentleerung ist unter anderem in hohem Grade davon abhängig, wie das entleerte Material im Darm enthalten ist. Die Verdauung von Stärke im Verdauungsapparat beim Hunde bietet überhaupt im Vergleich mit den übrigen Nährstoffen manche Eigentümlichkeiten dar. Im Vergleich z. B. mit typischer Kohlehydratkost — dem Brot — wird die Stärke in einem raschen Tempo in den Darm transportiert; dabei überführt die Darmperistaltik, worauf weiter unten noch zurückzukommen ist, die Hauptmasse davon rasch in das Ileum, wo der Prozeß ihrer Verarbeitung und Resorption sich hauptsächlich abspielt. Es war nun interessant näher zu verfolgen, wie die Magenentleerung unter diesen Umständen vor sich geht.

Da in der Regel ein Hund keine Stärke zu sich nimmt, wenn man sie ihm allein gibt, so mußte man sie durch eine Fistel einführen. Die Vorprüfung zeigte, daß nach Zusatz von $^3/_5$ Gewichtsteilen Wasser die Stärke eine teigige Konsistenz annimmt, die es gestattet, sie zu Stäbchen zusammenzurollen, deren Einführung durch die Fistel bequem ist. Sobald die Stäbchen einander berühren, fließen sie zu einer zusammenhängenden Masse zusammen.

Es wurde nun eine Versuchsreihe[16]) mit verschiedenen Stärkemengen — 250 g und 150 g — angestellt. Im ersten Falle wurden jedesmal 150 ccm Wasser, im zweiten je 90 ccm hinzugefügt. Jedesmal rollte man eine gleiche Anzahl von mehr oder weniger gleichen Stäbchen (14—16 g) aus. Sie wurden in den Magen eingeführt, und nach ver-

schiedenen Zeiträumen wurde der Mageninhalt entnommen und einer Analyse unterzogen.

Es stellte sich nun heraus, daß die Evakuierung der Stärkemasse, ebenso wie die von anderen Nährstoffen, die in verhältnismäßig geringer Menge eingeführt sind, mit einer Schnelligkeit verläuft, welche nach der Monomolekularformel abnimmt; nach einiger Zeit jedoch (je nach der Menge der eingeführten Substanz) tritt ein Stillstand der Evakuierung für viele Stunden ein. 3—4 Stunden nachher stellt sich jedoch eine rasche Entleerung des Magens ein.

Allem Anscheine nach steht hier der Stillstand der Magenentleerung in irgend einem Zusammenhange mit der Tätigkeit des Ileum. Aber ob es sich wirklich so verhält, wird erst zu entscheiden sein, wenn man eine analoge Versuchsreihe an einem Hunde mit einer geöffneten Fistel im Anfangsteile des Ileum anstellen würde, wodurch die Beteiligung des letzteren ausgeschlossen wäre.

Tabelle XXIII.

Versuchsstunden	Menge der im Magen zurückgebliebenen Stärke in % beob.		ber.	Diff.
	250 g Stärke und 150 ccm Wasser.			
1	70		70	0
2	46		49	—3
3	39	37	34	+3
4	40			
5	31			
6	38			
7	0			
	159 g Stärke und 90 ccm Wasser.			
1	33		38	—5
2	21	19	14	+5
3	16			
4	19			

γ) Einfluß der chemischen Zusammensetzung.

Einem mittelgroßen Hunde mit einer Magenfistel wurden in einer Reihe von Versuchen je 200 ccm einer 1%igen Lösung von verschiedenen Kohlehydraten durch die Fistel eingeführt. Nach Verlauf von 20 Minuten wurde der im Magen verbliebene Rest durch die Fistel entfernt und der Gehalt an Säure, Stickstoff und Zucker bestimmt.

In der beiliegenden Tabelle sind die Mittelwerte aus mehreren einheitlichen Versuchen für die Zuckerwerte angegeben.

Tabelle XXIV.

Eingeführte Zuckerart	Zuckerwert des Mageninhaltes in % des Zuckerwertes der eingeführten Substanz
Monosaccharide	
Galaktose	22
Dextrose	29
Disaccharide	
Rohrzucker	19
Laktose	35
Polysaccharide	
Amylodextrin	21
Erythrodextrin	32

Zur Kontrolle wurde an demselben Hunde ein Versuch mit 200 ccm destillierten Wasser angestellt. Nach Verlauf von 20 Minuten wurde aus dem Magen 52 ccm Flüssigkeit gewonnen, was 26% der gegebenen Wassermenge beträgt.

Also steht die Entleerungsgeschwindigkeit der löslichen Kohlehydrate nur in geringem Zusammenhange mit deren chemischer Natur, wenigstens in dem Rahmen der geprüften Substanzen.

δ) Ausgiebigkeit der Verdauung.[14])

Die in großen Brocken verfütterten 20 g trockene Stärke wurden in oben erwähntem Versuche nach ihrer Entnahme aus dem Magen im Filtrat sowohl auf Zucker als auch auf Dextrin untersucht. Die Proben fielen vollkommen negativ aus. Es wurde das ganze Quantum der verfütterten Stärkemenge gewonnen, sodaß von einer Verdauung der Stärke keine Rede sein konnte.

Bei einem anderen Versuche wurde demselben Hunde 10 g Stärke in Form von dünnem, flüssigem Kleister mittels einer Magensonde in den Magen eingeführt. Der Hund bekam 300 ccm Stärkekleister. Die aus der transpylorischen Fistel gewonnene Flüssigkeit enthielt keine Spur von Zucker.

Mit Amylodextrin wurden 3 Versuche angestellt. Die Dauer derselben betrug $2^{h}/5'$—3^{h}. Die gesamte Substanz wurde jedesmal aus der transpylorischen Fistel gewonnen und quantitativ bestimmt, wobei im Brei keine Spur von Zucker nachgewiesen werden konnte.

Bei zwei Versuchen mit Erythrodextrin konnte in zwei Versuchen ein geringer Grad von Spaltung konstatiert werden, indem im ersten 2% und im zweiten 2,14% der verfütterten Substanz aus der transpylorischen Fistel in Form von Zucker wieder gewonnen wurde.

Rohrzucker wurde in vier Versuchsfällen zwei Hunden verfüttert,

und zwar dreimal in hypotonischer (ca. 3 %.) und einmal in stark hypertonischer (ca. 53 %.) Lösung. In allen Fällen wurde eine Spaltung von 2,4—6,1 % konstatiert.

Zur besseren Übersicht sind die angeführten Daten tabellarisch in Mittelwerten zusammengefaßt.

Tabelle XXV.

Zugeführte Kohlehydrateart	Zuckerwert in g	Dauer des Versuches	Abgespaltener Zucker in Proz.
Trockenstärke	18,5	2 h 30′	—
Stärkekleister	8,8	3 h 40′	—
Amylodextrin	10,5	2 h 32′	—
Erythrodextrin	10,0	2 h 23′	1,4
Rohrzucker	45,54	2 h 03′	3,4

Zur Orientierung über diese in vivo erhaltenen Resultate wurden mit denselben Versuchssubstanzen Prüfungen in vitro angestellt. Je 1 g Stärke per se und in Form von Kleister, Amylo- und Erythrodextrin, sowie endlich Rohrzucker wurde mit je 40 ccm einer 0,43 %igen Salzsäure $2^1/_2$ Stunden lang bei 37° C in den Brutschrank gestellt und nach Beendigung der Versuchszeit die Flüssigkeit auf ihren Zuckergehalt geprüft. Es erwies sich, daß weder Stärkekleister, noch Amylodextrin abgespaltenen Zucker enthielten, wohl aber Erythrodextrin (3,2 %) und Rohrzucker (38,6 %).

Aus den angeführten Versuchen ist somit zu schließen, daß bei Ausschluß von Regurgitierungen aus dem Duodenum Stärke und Amylodextrin im Hundemagen nicht gespalten werden, wohl aber Erythrodextrin und Rohrzucker, wenn auch in geringen Mengen, welche Spaltung durch die Wirkung der Magensalzsäure allein leicht erklärt werden kann.

Nun regurgitieren gewöhnlich bei Amylodextrinzufuhr die Duodenalsäfte in den Magen, weshalb hier eine mehr oder weniger ausgesprochene Spaltung stattfindet (bis 4 %). Bei einem normalen Magenfistelhund [16]) wurden folgende Zahlen erhalten.

Tabelle XXVI.

Zufuhr von Amylodextrin in ccm einer 5 %-igen Lösung	Versuchszeit in Minuten	Gehalt des Mageninhaltes an Stärke in Zuckerwerten (g)	Gehalt des Mageninhaltes an Reduzierende Substanzen in % zum Gesamtzuckerwert des Breies
200 ccm	7,5	5,18	2
„	15	2,85	1
„	30	1,69	4
„	45	1,03	2
„	60	0,74	0

In den meisten Versuchen war der Brei mit Galle verfärbt. Aehnliche Versuche wurden am Menschen gemacht. Die Amylodextrinlösung wurde in Form von Thee verabfolgt. Der ausgeheberte Brei war in einem Falle grün gefärbt, im anderen war kein Zeichen von Gallebeimischung zu merken.

Resorption von Kohlehydraten im Magen konnte nicht konstatiert werden.

ε) Magensaft.

Die hierher gehörenden Befunde sind derselben Versuchsreihe entnommen, von der oben schon die Rede war.

Tabelle XXVII.

Eingeführte Substanz	Wiedergewonnene Menge von Wasser	Säure	Stickstoff
	%	n/10 ccm	mg
Wasser	26	6,0	46
Dexrose	26	—	—
Laevulose	3	(Schwach alkalisch)	61
Galaktose	22	10,8	58
Rohrzucker	17	4,0	17
Laktose	33	5,4	33
Erythrodextrin	35	7,4	42
Amylodextrin	26	12,0	35

Es leuchtet ein, daß die verschiedenen untersuchten Kohlehydratsubstanzen keine nennenswerte Magensaftabsonderung hervorrufen. Wenigstens schwanken die Säure- resp. Stickstoffwerte in den Grenzen, welche für reines Wasser gewonnen sind.

Verdauung von Fetten.

Unter normalen Verhältnissen werden Fette im Magen nur in sehr geringem Maße gespalten. Wie für die Kohlehydrate, ist auch für die Fette der Magen nur ein Vorratsraum. Ihre Verarbeitung vollzieht sich hauptsächlich im Darme. Die Magentätigkeit hängt aber in allen Beziehungen von den Prozessen ab, die sich im Darme abspielen. Bei Kohlehydraten tritt dieser Zusammenhang nicht so deutlich zu Tage, weil deren Abbauprodukte keine Rückwirkung auf den Magen ausüben. Die Rückwirkung wird nur durch den Magensaft ausgelöst, welchen die Kohlehydrate aus dem Magen weiterbefördern. Bei Zufuhr von Fett ist die Magensaftabsonderung unbedeutend und ausserdem tritt die Tätigkeit der Auslösung einer Rückwirkung beim Magensaft im Vergleich zu den Fettsäuren weit zurück.

Fette,[17]) deren Schmelzpunkte nicht höher sind, als die Magentempera-

tur, werden in das Duodenum in flüssigem Zustande übergeführt. Fette von höheren Schmelzgraden, falls sie in großen Stücken zugeführt worden sind, werden vor dem Uebergange in das Duodenum fein zerrieben.

Unter normalen Verhältnissen ist der Entleerungsvorgang des Magens in den ersten Stunden langsamer und im weiteren Verlauf ein rascherer. Das reine Fett entleert sich also umgekehrt wie die Eiweisse und Kohlehydrate.

Einen Ueberblick der Magenentleerung bei Fettfütterung gibt uns folgende Tabelle XXIX.

Nähere Angaben betreffs der Magenentleerung von Fettsubstanzen in Zusammenhange mit deren physikalischen und chemischen Eigenschaften stehen noch (bei Fistelhunden) aus.

Tabelle XXIX.

Dargereichtes Fett		Dauer der Magenverdauung	Zurückgewonnenes Fett	
Menge in g	Säurezahl	in Stunden	Menge in g	Säurezahl
		A. Rinderfett.		
100	0,40	1	99,1	6,46
"	"	2	94,8	0,48
"	"	3	93,7	0,48
"	0,37	4	89,0	0,55
"	"	5	85,0	0,69
"	"	6	65,0	0,82
"	"	7	13,3	6,27
		B. Kuhbutter.		
100	0,46	2	95,6	0,50
"	"	4	64,8	0,60
"	"	6	62,6	0,92
"	"	8	58,4	1,00
"	"	10	44,5	1,62
"	"	12	13,5	3,60
		C. Schweinefett.		
100	0,57	10	17,8	1,50

Wie man aus der vorliegenden Tabelle sieht, erreicht bei Verfütterung von reinen nicht emulgierten Fetten deren Zerlegung im Magen des Hundes in den ersten Stunden nur einen sehr geringen Grad. Sobald aber das Säftegemisch aus dem Duodenum in erheblichen Quantitäten in den Magen gelangt, wird die Fettspaltung bedeutend verstärkt. Wird der Mageninhalt durch das Darmsäftegemisch alkalisch gemacht, so wird von diesem Momente an die Spaltung beträchtlich, was aus der Tabelle XXIX deutlich hervorgeht (in den letzten Stunden der Verdauungsperiode.)

Selbstverständlich muß ein Teil der abgespaltenen Fettsäuren auf Rechnung des in den Magen eingetretenen Darminhaltes gesetzt werden.

Außer den verschiedenen Nahrungsstoffen wurde noch das Verhalten des Magens gegenüber Calomel[18]) und Alkohol[19]) studiert. Es erwies sich, daß das erstere in unverändertem Zustande und unverminderter Menge den Magen verläßt; vom Alkohol gewann man aus einer postpylorischen Fistel 61—69 % der Zufuhr.

Gemischte Nahrung.

Der Verlauf der Verdauung von Nahrung, welche aus verschiedenartigen Substanzen zusammengesetzt ist, gestaltet sich in Abhängigkeit von den physikalischen Eigenschaften des Gemisches in verschiedener Weise. Man kann in dieser Beziehung zwei extreme Momente, zwischen denen die verschiedensten Übergänge möglich sind, unterscheiden. Entweder verläßt die Nahrung, indem sie in den Darm übergeht, mit all ihren Bestandteilen gleichmäßig den Magen, oder aber sie teilt sich mehr oder weniger vollständig in ihre Bestandteile, und ein jeder von diesen letzteren wird in einem gewissen Grade unabhängig von den übrigen in den Darm weiter transportiert. Mit einem Worte, die gemischte Nahrung wird also in den Darm weiter befördert, indem sie entweder in toto als solche verdaut wird — komplette Verdauung, oder nachdem ihre Teile getrennt worden sind — elektive Verdauung. Die Sortierung der Nahrung ist entweder eine Folge aktiver Tätigkeit der Magenwand, oder sie ist der Einwirkung des Magensaftes, oder schließlich auch beiden zusammen zu verdanken.

Am schärfsten tritt die Dissoziation bei Verdauung der festen Nahrung (z. B. Fleisch) mit Wasser hervor (siehe S. 59), was besonders gut bei mit einer postpylorischen Fistel versehenen Hunden zu sehen ist.

Ebenso scharf tritt die Dissoziation bei Verdauung von wasserreicher Nahrung, wie z. B. Milch, ein.

Folgende Tabelle (XXX) illustriert den Gang der Verdauung von 600 ccm Milch bei einem Magenfistelhund,[20]) bei welchem der Mageninhalt in einzelnen Versuchen nach Ablauf von verschiedenen Zeiträumen aufgenommen und analysiert wurde.

Tabelle XXX.

Verdauungsstunden	Verhältnis (in %) der gewonnenen Substanzen zu den zugeführten		
	Zucker	*N*	Fett
1	22	46	81
3	1	15	27
4	1	14	11
5	0,4	8	5

Wie aus dem Obengesagten erhellt, wird die Dissoziation der Milchkomponenten beim Übergang aus dem Magen in den Darm durch deren

flüssigen Zustand begünstigt. Nimmt man jedoch trockenes Milchpulver, welches mit einem gleichen Quantum Wasser vermengt wird, so beobachtet man die nämliche Dissoziation, obgleich bei weitem nicht in so hohem Grade. Dank diesem Umstande stellt das Milchpulver ein sehr passendes Nahrungsmaterial zum Studium der Gesetzmäßigkeit der Magenverdauung komplizierter Nahrung dar. Zu diesem Zwecke wurde denn auch eine Reihe von Versuchen angestellt, in denen ein Magenfistelhund mit verschiedenen Quantitäten von Milchpulver, das mit dem gleichen Quantum Wasser vermengt war, gefüttert wurde. Die Maximaldosis, welche der Versuchshund von 25 Kilo Gewicht ohne schädliche Folgen für seine Gesundheit ertragen konnte, betrug 100 Gramm. Wurden 200 g einverleibt und der Magen des Hundes 4 Stunden nach der Fütterung entleert, so trat bei dem Tiere Diarrhoe auf. Bei geringer Quantität des Nahrungsstoffes bei Fleisch- oder Brotzufuhr verläuft die Magenverdauung wie oben (S. 72) erörtert wurde, gemäß der Formel für monomolekulare Reaktionen. Interessant war es nachzuprüfen, ob diese Formel auch hier in gegebenem Falle Anwendung finden kann. Es erwies sich, daß dieses der Fall ist, und zwar in Bezug auf sämtliche Milchkomponenten. Es verändert sich nur, wie das auch zu erwarten war, der Wert der Konstantzahl. Er vermindert sich für sämtliche Komponenten bei Steigerung der Quantität des Nährstoffes (von 12,5 g auf 200 g). Im allgemeinen aber ist er für Zucker am stärksten, sodann folgen Eiweißsubstanzen und schließlich Fett. Alles dieses[21]) ersieht man aus der folgenden Tabelle XXXI deutlich.

Tabelle XXXI.

Verdauungsstunden	Im Magen zurückgeblieben (in % zum gegebenen) Zucker			Stickstoff			Fett		
	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.
				12,5 g					
	(k = 0,490)			(k = 0,395)			(k = 0,233)		
1	27	32	—5	44	40	+4	59	59	0
2	15	10	+5	10	16	—6	32	34	—2
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
				25,0 g					
	(k = 0,382)			(k = 0,203)			(k = 0,158)		
1	36	41	—5	63	63	0	70	70	0
2	23	17	+6	38	39	—1	48	48	0
3	11	7	+4	26	25	+1	35	34	+1
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Verdauungsstunden	Im Magen zurückgeblieben (in $^0/_0$ zum gegebenen)								
	Zucker			Stickstoff			Fett		
	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.
	50,0 g								
	(k = 0,362)			(k = 0,186)			(k = 0,129)		
1	39	43	—4	60	65	—5	70	74	—4
2	18	19	—1	40	42	—2	55	55	0
3	12	8	+4	28	28	0	42	41	+1
4	6	4	+2	20	18	+2	33	31	+2
5	2	2	0	5	12	—7	21	23	—2
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	100 g								
	(k = 0,220)			(k = 0,171)			(k = 0,108)		
1	60	60	0	68	67	+1	79	81	—2
2	39	36	+3	52	46	+6	72	66	+6
3	23	22	+1	30	31	—1	56	54	+2
4	11	13	—2	16	21	—5	37	44	—7
5	3	8	—5	13	14	—1	24	30	—6
6	—	—	—	9	9	0	20	22	—2
7	—	—	—	4	6	—2	11	18	—7
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	200 g								
	(k = 0,095)			(k = 0,066)			(k = 0,068)		
2	71	65	+6	86	74	+12	80	73	+7
4	36	42	—6	42	54	—12	54	54	0

Als Typus elektiver Verdauung kann Brot,[22]) Milch als Typus kompleter Verdauung aber dienen. Im Brot sind die Kohlehydrate so eng mit den Eiweißsubstanzen vermengt, daß ihre Dissolution nur mit Hilfe eines energischen Verdauungsprozesses möglich ist. Da der Speichel des Hundes kein Ptyalin enthält, so bleiben die Brotstücke in seinem Magen unverdaut, während das Eiweiß unter Einwirkung des Magensaftes größtenteils gelöst wird. Da jedoch bei Brotfütterung der Magensaft nicht ausgiebig sezerniert wird, so bildet sich ein dickflüssiger klebriger Brei, welcher die freigewordenen Produkte in ungetrenntem Zustande enthält.

Brotfütterung.

Tabelle XXXII.

Verdauungsstunden	Verhältnis des aufgenommenen zum abgegebenen (in $^0/_0$)	
	Stickstoff	Kohlehydrate
2	77	66
4	28	25
6	14	9

Eine Mittelstellung zwischen diesen beiden extremen Typen nimmt ein Gemisch von Fleisch mit Stärke oder Fett oder auch mit diesen beiden zusammen ein.[22]) Damit dieses Gemisch ein möglichst gleichmäßiges sei, wird es in folgender Weise hergestellt. Die Stärke wird in Wasser

umgerührt, bis das Gemisch eine gleichmässige Emulsion bildet. Zu derselben wird dann gemahlenes Fleisch hinzugetan, sodaß sich aus dem Ganzen ein gleichmäßig verteilter Brei ergibt. Um Fett gleichmäßig zu verteilen, muß man es in flüssiger Form hinzufügen, weshalb es nötigenfalls erst erhitzt und dann warm mit dem Gemisch vermengt wird. Bei derartigen künstlichen Gemischen offenbart eine jede Nahrungskomponente die Tendenz, das typische Verhalten zum Verdauungsprozeß zu bewahren, welches im Falle eines selbständigen Verhaltens derselben im Verdauungskanal zum Vorschein tritt. Die mit Wasser zugeführte Stärke verläßt den Magen ziemlich rasch. Das Fett dagegen wird nur sehr langsam in den Darm weiterbefördert. Fleisch nimmt zwischen ihnen eine Mittelstellung ein. Sind sie jedoch miteinander vermengt, so werden sie vom Magensaft dissoziiert und mit verschiedener Geschwindigkeit in den Darm weiterbefördert: am raschesten verschwindet die Stärke, weniger rasch das Fleisch und noch langsamer das Fett. Die Rolle des Magensaftes besteht hier darin, daß er das Fleisch auflöst, weshalb Stärke, welche sich dank ihrer Schwere zur großen Kurvatur niedersenkt, und Fett, welches dank seinem geringen Gewichte nach der Curvatura minor wieder emporsteigt, frei werden. In früheren Verdauungsperioden ist der Magenchymus, welcher in den Darm gelangt, reicher an Stärke, in späteren Verdauungsperioden aber im Gegenteil reicher an Fett. Dieses ersieht man aus folgender Tabelle, in welcher die Werte des Bestandes von Mageninhalt, der bei ein und demselben Hunde aus der Fistel in verschiedenen Versuchen zu verschiedenen Zeitabschnitten nach der Fütterung entnommen wurde, wiedergegeben sind.

Tabelle XXXIII.

Fleisch-, Stärke- und Fettfütterung.

Versuchsstunden	Zusammensetzung des Mageninhaltes in % zum gegebenen		
	N	Stärke	Fette
1	86	71	75
2	59	41	69
3	28	26	56
4	13	15	37
5	7	9	33
6	5	6	13
7	7	4	5

Das Pferdefleisch (300 g) war fein gemahlen und von Sehnen und Fett befreit. Das Fett, jedesmal in Menge von 25 g, wurde in Form geschmolzenen Schweinefettes verabreicht. Die Stärke per se wurde nicht per os gegeben, sondern in 100 ccm Wasser direkt in den Magen durch die Fistel eingebracht, da der Hund verweigerte, dieselbe zu sich zu nehmen. Bei denjenigen Versuchen, wo die Stärke nur mit Fett

kombiniert wurde, wurde erstere per fistulam, letzteres aber per os zugeführt. In allen übrigen Versuchen wurde die Nahrung per os verabreicht.

Wie die vorliegende Tabelle, welche in Zahlenwerten die Entleerung des Magens von den einzelnen Komponenten eines komplizierten Nahrungsgemisches darstellt, ergibt, tritt der dissoziierte Gang der Verdauung nicht so eklatant hervor, wie das bei der Milchnahrung beobachtet werden konnte. Augenscheinlich hängt hier alles von der physikalischen Dissociation der Nahrungskomponenten unter Einwirkung des Magensaftes ab. Je vollständiger diese Dissociation ist, desto mehr kann eine jede Komponente dasjenige charakteristische Verhalten zum Magen beibehalten, welches sie im Falle vereinzelter Einverleibung offenbart. Folgende Tabellen zeigen, wie der Prozeß der Magenentleerung von Fleisch, Stärke und Schweinefett bei Verfütterung eines jeden derselben einzeln oder in Gemeinschaft mit anderen verläuft

Tabelle XXXIV.

Stärke.

Verdauungsstunden	Im Magen verbliebene Menge in % zum gegebenen			
	per se	mit Fett	mit Fleisch	mit Fleisch und Fett
1	30	19	59	71
2	4	15	39	41
3	0	11	17	26
4	0	9	16	15
5	0	6	6	9
6	0	6	7	6
7	0	1	—	4

Fleisch.

Verdauungsstunden	Im Magen verbliebene Menge in % zum gegebenen			
	per se	mit Stärke	mit Fett	mit Stärke und Fett
1	48	81	81	86
2	40	53	57	59
3	17	28	24	28
4	6	15	19	17
5	1	6	11	7
6	0	4	9	5
7	0	—	8	7

Fett.

Verdauungsstunden	Im Magen verbliebene Menge in % zum gegebenen			
	per se	mit Stärke	mit Fleisch	mit Fleisch und Stärke
1	89	99	76	75
2	85	91	48	69
3	79	87	46	56
4	67	78	42	37
5	62	49	18	33
6	40	49	9	13
7	1	11	8	5

Beim Durchsehen der dargestellten Zahlenergebnisse bemerkt man, daß eine jede Komponente der komplizierten Nahrung in dem Maße den Charakter ihres individuellen Verdauungsverlaufes beibehält, als sie mechanisch von anderen Komponenten unabhängig ist, und umgekehrt in dem Maße von ihrem individuellen Verhalten abweicht, als sie mechanisch von anderen Komponenten zurückgehalten wird. So wird z. B. Stärke an und für sich rasch aus dem Magen eliminiert. In Kombination mit Fett, wenn sie ganz unabhängig von diesem in den Magen injiziert worden war, geht sie ebenso rasch in den Darm über; nach der zweiten Stunde bleibt nur eine verhältnismäßig geringe Menge übrig, welche mechanisch am Fett kleben geblieben war und mit diesem zusammen langsam in den Darm gelangt. Wurde sie in einem gleichmäßigen Gemische mit Fleisch dargereicht, so büßte die Stärke einen großen Teil ihrer Selbständigkeit ein und wurde viel langsamer in den Darm weiterbefördert; im Gemisch mit Fleisch und Fett war die Verzögerung eine viel bedeutendere. Fleisch erfuhr eine Verzögerung in seiner Weiterbeförderung zum Darme sowohl unter Einwirkung von Stärke, als auch von Fett, sowie auch beider zusammen, denn alle diese Beimengungen erschweren den Zugang des Magensaftes zum Fleische und verzögern deshalb dessen Verdauung. Mit Stärke verfüttertes Fett verließ den Magen später, als wie in dem Falle, wo es einzeln verabfolgt wurde. Zu diesen Verhältnissen wollen wir weiter unten noch zurückkehren. Wurde es jedoch mit Stärke und Fleisch oder mit Fleisch allein einverleibt, so gelangte es in rascherem Tempo in den Darm, als wenn es allein verfüttert wurde. Fleisch riß mechanisch das Fett mit sich fort. Verfüttert man Fett mit Gliadinbrei zusammen, mit welchem es kein gleichmäßiges Gemisch bildet, und von dem es sich hauptsächlich bei der Verdauung loslöst, so beobachtet man ein anderes Verhalten: das Gliadin verläßt den Magen in gewissem Maße selbständig und das Fett auch (Tabellle XXXV). Mit einem Worte, es hängt also der Gang der Verdauung bei gemischter Kost mit den mechanischen Wechselbeziehungen zwischen deren Komponenten, mit ihrer Dissoziation oder Assoziation, der Möglichkeit ihrer Loslösung bei der Verdauung aufs engste zusammen.

Tabelle XXXV.

Verdauungs-stunden	Im Magen zurückgeblieben (%) bei Verfütterung von Gliadin allein (50 g)	Gliadin (50 g)	mit Rinderfett (30 g)
1	48	90	81
2	22	38	75
3	17	24	70
4	3	3	59

Eine mehr oder weniger gleichartige Nahrung kann aus weichem Brot und Milch hergestellt werden. Diese Gleichartigkeit wird aber im Magen aufgehoben, weil die Milch in den peripheren Schichten des Mageninhaltes rasch gerinnt und das Serum frei wird. Aus den angeführten Versuchen ist ersichtlich, daß der Magen sich von Flüssigkeiten ziemlich schnell befreit, aus welchem Grunde der Milchzucker, der ja den wichtigsten festen Bestandteil des Serums darstellt, am schnellsten aus den Magen entleert werden muß. Man muß jedoch den Umstand berücksichtigen, daß die Milch, die allein in den Magen eingeführt worden war, in demselben in toto rasch koaguliert, während sie in Kombination mit Brot nur langsam gerinnt, wobei dieser Prozeß von der Peripherie zum Zentrum vor sich geht; aus diesem Grunde wird die Ausscheidung des Zuckers aus dem Magen verlangsamt. Die verlangsamte Gerinnung der Milch hat noch eins zur Folge; aus dem Magen entleert sich teilweise Vollmilch in toto, so daß sich die Ausscheidung von Fett nicht verspätet, wie wir das in den Fällen sehen, wo Milch allein verabfolgt worden war und das Fett mit den Kaseinflocken mitgerissen wurde. Das Brot endlich, welches ja in seiner Hauptmasse aus festen, in Wasser unlöslichen Substanzen besteht, verläßt den Magen am langsamsten. Somit müßte man, von rein mechanischen Vorstellungen ausgehend, a priori erwarten, daß das mit Milch imbibierte weiche Brot den Magen bei weitem nicht gleichmäßig verlassen wird: am schnellsten wird in den Darm der Milchzucker entleert, langsamer das Kasein, mit dem Fett und am langsamsten das Brot.

Wie aus der vorliegenden Tabelle zu ersehen ist, hat der Versuch die theoretische Vermutung in vollem Maße bestätigt.[23]) Ein Hund mit einer Magenfistel erhielt 200 g frisches Brot, das im Laufe von 10—15 Minuten in 600 ccm Milch eingeweicht wurde. Sowohl das Brot, als auch die Milch wurden jedesmal aus ein und derselben Quelle bezogen und hatten eine ziemlich konstante Zusammensetzung. Der in gewissen Zeiträumen entnommene Mageninhalt wurde mit einer sehr großen Quantität (bis 2 Liter) Wasser verflüssigt und nach sorgfältigem Umrühren ein Teil des Gemisches abfiltriert. Ein Teil des Filtrates diente zur *N*-Bestimmung, der andere wurde einer zweistündigen Hydrolyse mit 5% *HCl* unterzogen, die dritte Portion endlich, nach Entfernung der durch Wasserdampf zur Gerinnung gebrachten Substanzen, diente, analog der zweiten Portion, zur quantitativen Bestimmung von reduzierenden Stoffen; die übrige Masse wurde eingetrocknet und in der Trockensubstanz der Stickstoff, die reduzierenden Substanzen nach der Hydrolyse mit 10% *HCl* und das Fett bestimmt. Die hierbei erhaltenen Ziffern dienten als Basis für die Berechnung, wieviel im Mageninhalt von Milch

und wieviel vom Brot nachgeblieben war. Die Berechnung wurde nach den folgenden Gleichungen angestellt. Ist die Menge des Milchzuckers im Filtrat gleich x, die der reduzierenden Stoffe im Brot = y, die Quantität der Dextrine, die nur nach der Hydrolyse reduzieren = z, so erhält man, indem man in Betracht zieht, daß die Reduktion des Milchzuckers aus dem Mageninhalt nach der Hydrolyse sich um 1,3 mal vergrößert und daß die löslichen reduzierenden Substanzen des Brotes aus dem Mageninhalt 15% aller in demselben vorhandenen löslichen Kohlehydrate ausmachen, folgende Gleichungen:

$$x + y = a,\ 1{,}3\,x + y + z = b\ \ y = 0{,}15\,(y + z)$$

$$\text{woraus } x = \frac{200\,a - 30\,b}{161};\ y = a - x;\ z = \frac{17}{3}\,y.$$

a ist das Zuckeraequivalent der reduzierenden Substanzen des nicht hydrolysierten Filtrates, b = dasjenige des hydrolysierten. Nach der Quantität der Kohlehydrate des Brotes im Mageninhalt kann man endlich auch den Stickstoff, der im Brot enthalten, wie es aus dem (S. 91) oben erwähnten folgt, bestimmen.

Tabelle XXXVI.

Verdauungsstunden	Azidität n/10 ccm	Stickstoff löslicher g	unlöslicher Substanzen g	Milch g	Brot g	Kohlehydrate: Milchzucker g	Zucker g	Dextrine g	Stärke des Brotes g	Fett g	Aus d. Magen verschwanden in % des Verabfolgten: Brot	Zucker	Milch N	Fett
1	250	1,22	3,55	2,33	2,44	10,50	1,10	6,23	68,47	12,86	16	47	22	27
2	250	1,09	2,22	1,27	2,04	6,98	0,93	5,27	57,11	8,87	30	65	62	50
3	200	1,19	0,78	—	1,77	3,66	0,63	3,57	50,85	—	39	82	—	—
4	250	1,08	0,70	0,58	1,20	1,91	0,19	1,08	35,89	3,53	58	90	81	80
5	150	0,51	0,26	—	0,69	0,56	0,11	0,62	20,70	—	76	97	—	—
6	150	0,69	0,22	0,36	0,55	0,65	0,15	0,85	15,94	3,44	81	97	88	80

Verdauung verschiedener nach einander verabfolgter Nahrungsarten.

Bei jeder einzelnen Nahrungsart verläuft die Verdauung im Magen, wie bekannt, nach ihrer eigenen, typischen Art. Wenn aber in den Magen verschiedene Nahrungsarten nach einander eingeführt werden, so ändert sich der Verdauungsprozeß in entsprechender Weise für jede einzelne Nahrung, und zwar schon aus rein mechanischen Gründen. Aus den Versuchen einer ganzen Reihe von Autoren (Grützner, Scheunert u. a.) an Tieren, bei denen der Magen während der Verdauung vorgezogen, dem Gefrieren unterzogen und eröffnet wurde, geht hervor, daß jede später in den Magen eingeführte Speise ins Innere der vorhergegangenen Portion dringt, wodurch die Nahrung sich in Schichten lagert. Selbstverständlich muß diese

Lagerung eine sehr verschiedene sein und hängt von den physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Nahrungsarten ab. Es ist z. B. ein großer Unterschied, ob man zuerst Milch und dann Fleisch gibt, oder zuerst weiches Brot und darauf Fleischstücke. Sogar nach der Gerinnung im Magen dringen in die Milch die verabfolgten Fleischstücke leicht hinein, was von weichem Brot nicht behauptet werden kann.

In einer Serie von Versuchen,[24]) die zwecks Aufklärung der sich hier abspielenden Prozesse angestellt wurden, erhielt der Versuchshund mit einer Magenfistel entweder gemahlenes Fleisch oder Stücke von Fleisch und darauf weiches Weißbrot, oder zuerst Fleischstücke und darauf Milch. Der Mageninhalt wurde 3 oder 5 Stunden nach der Nahrungsaufnahme untersucht. Gleichzeitig mit diesen Versuchen wurden andere angestellt, wo die Reihenfolge der verfütterten Speisesorten eine umgekehrte war, diese selbst aber in einem möglichst gleichmäßigen Gemisch verabfolgt wurden.

Die Fleischstücke wurden vor der Verfütterung einigemal in Wasser (große Mengen) aufgekocht, um die Extraktivstoffe möglichst zu beseitigen und das Fett zu entfernen, welches übrigens in dem gebrauchten Pferdefleisch in geringer Menge vorhanden war (weniger wie 1%).

Der entnommene Mageninhalt wurde analysiert, um möglichst genau, nicht so sehr die Details der Zusammensetzung des Mageninhalts, als vielmehr den allgemeinen Gehalt des im Magen zurückgebliebenen Teiles der Magenkomponenten zu bestimmen. In den Fällen, wo das Fleisch in ausgekochten Stücken verabfolgt worden war, konnten unverdaute Reste desselben aus dem Mageninhalt isoliert und in ihnen der Stickstoff bestimmt werden. Der übrige Teil des Chymus wurde, wenn das Fleisch mit Brot kombiniert war, neutralisiert, mit Essigsäure angesäuert und auf dem Wasserbade verdampft, in der Trockensubstanz der Stickstoff und der Zucker nach der Hydrolyse mit 10%iger *HCl* (1,19) im Laufe von 3 Stunden bestimmt. Da der Gehalt an Hydrolysatzucker im verfütterten Brot bekannt war, so konnte man jedesmal leicht und einfach berechnen, welcher Teil des verfütterten Brotes im Magen zurückgeblieben war. Indem nun weiter das Verhältnis zwischen *N* und den Kohlehydraten im Brot berücksichtigt wurde, war es eben so leicht zu berechnen, welcher Teil des Stickstoffes der verdampften Substanz dem im Magen zurückgebliebenen Brot angehörte. Der ganze übrige Stickstoff des Mageninhaltes minus *N* des Brotes kommt dem Fleisch zu. In den Fällen, wo das Fleisch in gemahlener Form verfüttert worden war, gelang es nicht, das Fleisch zu isolieren, weshalb der Chymus in toto zum Verdampfen gebracht wurde. Darauf dieselbe

Tabelle XXXVII.

Dauer des Versuches in Stunden	Aus dem Magen verschwunden in % des gegebenen Fleisch	Brot	Milch Zucker	N	Fett
I. 400 g gemahlenes Fleisch und 200 g weiches Weissbrot.					
a) Fleischzufuhr 2 Min. vor der Brotzufuhr.					
3	31	67	—	—	—
5	62	94	—	—	—
b) Brotzufuhr 2 Min. vor der Fleischzufuhr.					
3	22	77	—	—	—
5	51	96	—	—	—
II. 400 g Fleisch in 80 Stücken und 200 g weiches Weissbrot.					
a) Fleischzufuhr 5 Min. vor der Brotzufuhr.					
3	32	67	—	—	—
5	61	65	—	—	—
b) Brotzufuhr 5 Min. vor der Fleischzufuhr.					
3	20	67	—	—	—
5	43	89	—	—	—
c) Zufuhr des Gemisches von Fleisch mit Brot.					
3	29	62	—	—	—
5	38	96	—	—	—
III. 400 g Fleisch in 40 Stücken und 600 ccm Milch.					
a) Fleischzufuhr 5 Min. vor der Milchzufuhr.					
3	18	—	81	52	37
5	42	—	100	77	75
b) Milchzufuhr 5 Min. vor der Fleischzufuhr.					
3	22	—	95	37	51
5	54	—	100	73	84
c) Zufuhr des Gemisches von Fleisch mit Milch.					
3	10	—	97	75	57
5	52	—	100	—	84

Analyse und Berechnung wie in den vorhergegangenen Fällen. Diese Berechnung jedoch hat den einen Nachteil, daß hierbei ein vollkommener Parallelismus zwischen dem im Magen zurückgebliebenen Stickstoff und den kohlehydrathaltigen Bestandteilen des Brotes vorausgesetzt wird. Ein solcher existiert selbstverständlich nicht; schon deswegen nicht, weil sich dem Nahrungsstickstoff im Magen der *N* der Körpersäfte beimengt. Andererseits ist aber die Inkongruenz zwischen denselben nicht so groß, wie dieses aus den speziellen Versuchen zu ersehen ist (Seite 91), daß es auf das Resultat der Berechnung von bedeutendem Einflusse sein könnte.

Bei kombinierter Darreichung von Fleischstücken und Milch gelang es endlich, die unverdauten Reste von Fleisch von den Kaseingerinseln zu trennen. Nach Beseitigung der Fleischstücke wurde der Chymus neutralisiert, mit Essigsäure angesäuert und nach Aufkochen filtriert;

das Filtrat auf den *N* und Zuckergehalt (nach der Hydrolyse mit *HCl*), der Rest auf dem Filter auf *N* und Fett analysiert. Der Zucker im Filtrat, der Stickstoff und das Fett des Restes auf dem Filter beziehen sich selbstverständlich auf die Milch, und nach diesen Stoffen kann man urteilen, wie der Magen sich von derselben befreit. Was den Stickstoff des Filtrates anbelangt, so gehört er sowohl den Fleisch- als auch den Milchverdauungsprodukten an. Sie von einander zu trennen ist ganz unmöglich, weshalb die Ziffer unverändert gelassen wurde. Die Ziffern des *N* Fleisches und des Kaseins beziehen sich auf die unverdauten Reste derselben.

Aus den Ziffern der Tabelle ist vor allem zu ersehen, daß die relative Schnelligkeit des Verschwindens verschiedener, nach einander verfütterter Speisesorten aus dem Magen zuweilen in direktem Zusammenhange mit der Reihenfolge des Einführens der Nahrungsarten in den Magen steht. So verläßt das Fleisch, in welcher Form es auch eingeführt wurde — gemahlen, oder in Stücken von 5 g Gewicht — den Magen schneller als das Brot, wenn es vor ihm verabfolgt worden war, und langsamer, wenn es nach demselben verfüttert wurde. Es ist interessant, daß für gemahlenes Fleisch und für dasjenige, welches in Form von 5 g-Stücken einverleibt wurde, beinahe dieselben Ziffern erhalten wurden.

Anders verhält sich die Sache, wenn das Fleisch mit Milch kombiniert wird: der unverdaute Rest von Fleischstücken wird aus dem Magen langsamer eliminiert, wenn es vor der Milch eingeführt wurde, als wenn es nach derselben verfüttert worden war. Was die Bestandteile der Milch anbelangt, so verschwindet der Zucker in den Fällen rascher, wenn die Milch vor dem Fleisch eingeführt wird, das Kasein und das Fett umgekehrt.

Mit einem Worte, es liegt kein Grund vor, die Behauptung auszusprechen, daß die verschiedenartige Nahrung den Magen mehr oder weniger in der Reihenfolge der Einführung verläßt: hier sind die Verhältnisse viel komplizierter und zwar in Ahängigkeit von den physikalischen und teilweise von den chemischen Eigenschaften der nacheinander folgenden Speisen. Schließlich wird wohl eine allgemeine Formulierung der sich hier gestaltenden Verhältnisse möglich sein, dazu gehören aber weitere Untersuchungen.

Die von uns angewandte Kombination der Nahrungsstoffe — Fleisch, Brot und Milch — vermischt sich nicht gleichmäßig; aus diesem Grunde trägt der Verdauungsgang der einzelnen Komponenten der Gemische bis zu einem gewissen Grade rein zufälligen Charakter, wie es sich auch im Versuche herausstellte (Tabelle XXXVII, c).

d) Defekte Verdauung.

α) Allgemeines.

Jeder Defekt, der dem Magendarmtraktus auf direktem oder indirektem Wege zugefügt wird, zieht zweierlei Folgen nach sich: 1. unmittelbare, zeitliche, vorübergehende und 2. lange dauernde. Es ist Aufgabe der experimentellen Untersuchung, diese in jedem einzelnen Falle von einander zu trennen; jedoch ist dies nicht immer leicht, zuweilen sogar unmöglich. Einfach gestaltet sich die Sache in den Fällen, wenn die angewandte pathologische Einwirkung mit keinerlei komplizierten Manipulationen verbunden ist. Handelt es sich z. B. um einen Aderlaß, so kann der Verdauungsversuch sofort nach demselben angestellt werden. Wird eine Laparotomie ausgeführt, so kann der Verdauungsversuch nicht früher als nach zwei Tagen angestellt werden, schon deswegen nicht, weil vor Ablauf dieses Termins der Hund jede Nahrungsaufnahme gewöhnlich verweigert. In der größten Mehrzahl der Fälle, in denen die anscheinend so einfache Operation ausgeführt wird, wie es die Anlegung einer Fistel ist, wird der Hund aus seinem Gleichgewicht mindestens für 10—12 Tage gebracht. In der Periode der Rekonvaleszenz verlaufen sämtliche Verdauungsprozesse äußerst träge; mitunter stellen sich Diarrhoeen ein; alle diese Momente verschleiern den unmittelbaren Effekt des pathologischen Eingriffs. Es kann sich ereignen, daß zu der Zeit, in welcher der Hund zur Norm zurückgekehrt ist, sich schon eine gewisse Kompensation eingestellt hat. Dieses beobachtet man z. B. bei der Resektion des Pylorus, wenn diese Operation mit dem Anlegen einer Fistel kombiniert wird.

Aus dem Gesagten kann unter anderem folgender praktischer Schluß gezogen werden: der Hund muß durch vorausgehende Operationen (Anlegen einer Fistel, von Anastomosen etc.) sehr zeitig vorbereitet werden, bevor dieser oder jener Defekt ausgeführt wird. Bei einer solchen Art des Verfahrens erholt sich der Hund nach der letzten Operation sehr schnell und kann infolgedessen rasch zum Verdauungsversuch benutzt werden.

Überhaupt muß bemerkt werden, daß wiederholte Laparotomien mit Operationen im Bauche beim Hunde gewissermaßen eine Immunität gegenüber den betreffenden Insulten erzeugen.

Um die permanenten Folgen der erzeugten Abnormitäten deutlich kontrollieren zu können, muß das betreffende Tier einer längeren Beobachtung (zuweilen mehrere Jahre lang) unterzogen werden. Um dies zu ermöglichen, muß der Defekt nach Möglichkeit so beigebracht werden, daß einerseits der Organismus mit demselben nicht fertig wird, andererseits aber das Tier möglichst lange am Leben bleibt.

Die pathologische Chymologie steht noch weit hinter der physiologischen zürück. Das vorhandene Material läßt sich vorläufig nur nach denjenigen Eingriffen ordnen, welche zur Hervorrufung eines pathologischen Zustandes vorgenommen worden sind.

β) Ausschaltung verschiedener Magenteile.

Die Schleimhaut des Magenfundus ist von zahlreichen Drüsen ausgekleidet, die ein und dieselbe physiologische Bestimmung haben; aus diesem Grunde kann die Ausschaltung eines Teiles der Magenwand durch den zurückgebliebenen leicht kompensiert werden. Anders verhält sich die Sache, wenn der ganze Fundusabschnitt des Magens oder die ganze Pyloruspartie mit dem Pylorus zusammen oder nur der Pylorus oder endlich nur die Cardia entfernt werden. In allen diesen Fällen bleibt kein einziger anatomisch-physiologischer Teil nach, der eine unmittelbare kompensatorische Tätigkeit entfalten könnte; die Regulierung der neu geschaffenen anormalen Verhältnisse muß meistens auf indirektem Wege geschaffen werden.

γ) Cardiadefekt.

Die Bedeutnng des Cardiadefektes tritt am deutlichsten in den Fällen der totalen Magenexcision hervor. Vereinigt man das Duodenum unmittelbar mit der Speiseröhre, nachdem die Cardia reseziert ist, so verliert für immer der Hund das Gefühl des Maßes im Essen. Es handelt sich nämlich darum, daß bei solchen Hunden sich eine allmähliche Dilatation des Duodenums entwickelt; dabei bildet sich sozusagen ein Behälter für die aufgenommene Nahrung. Jedoch hat die kompensatorische Dilatation des Duodenums ihre Grenzen und in jedem gegebenen Momente kann der Hund nicht mehr Nahrung aufnehmen, als es das Reservoir erlaubt, jeder Überschuß an Nahrung wird erbrochen. Das Erbrechen bei Hunden, die keinen Magen besitzen, trägt den Charakter von Erstickungsanfällen. Die Bauchwand nimmt keinen direkten Anteil an diesem Akt; hier spielen die Hauptrolle die Halsmuskeln. Dieser Typus des Erbrechens kann als asphyktischer bezeichnet werden. Ist die Cardia entfernt, so ist ein derartiges Erbrechen eine beständige Erscheinung, wenn der Hund genug Nahrung bekommt. Die Brechbewegungen bei Peritonitis haben aber denselben (abdominalen) Charakter wie bei Vorhandensein des Magens. Wird die Cardia nicht reseziert, das Duodenum aber mit einer Magenpartie unterhalb der Cardia vereinigt, so bleibt am häufigsten das Gefühl des Maßes beim Hunde unverändert. Er tritt an die Speise heran und nimmt dieselbe in entsprechend kleinen Portionen zu sich.

Es scheint also, daß das Gefühl des Maßes im Essen gewissermaßen an die Funktion der Cardia gebunden ist.

δ) Pylorusdefekt.

Die Ausschaltuug des Pylorusringes führt nicht zu denjenigen Folgen, die man auf Grund der gegenwärtigen Vorstellungen über seine physiologische Rolle erwarten könnte. Es wird angenommen, daß der Pylorus den Hauptregulator der Magenentleerung darstellt; der Magen bemüht sich, sich von jeglichem Inhalte so rasch wie möglich zu befreien; der Pylorus hingegen, der sich unter dem Einflusse des aus dem Magen kommenden sauren Breies öffnet und sich auf kürzere oder längere Zeit durch reflektorische Einflüsse von seiten des Duodenums und Jejnnums schließt, reguliert auf gewissem Wege die Entleerung des Magens. Somit müßte man erwarten, daß die Ausschaltnng des Pylorns zu rascherer Entleerung des Magens führen müßte. Der Versuch zeigt jedoch, daß sogar 3–4 Tage nach der Operation der Pylorusausschaltung, wo von einer anatomischen und physiologischen Kompensation noch gar keine Rede sein kann, die Dauer der Entleerung des Magens sogar bei flüssiger Nahrung (z. B. Milch) in normalen Grenzen bleibt.

Ganz resultatlos bleibt jedoch die Ausschaltung des Pylorus nicht. Vor allem fällt in die Augen der beschleunigte Beginn der Magenentleerung. Eine Magenfistel eignet sich augenscheinlich nicht zur Beobachtung dieser Erscheinung. Dieselbe tritt besonders deutlich dann hervor, wenn man die Exkretion aus der Fistel im Anfangsteile des Ileums verfolgt: wenn vor der Operation der Pylorusresektion die Exkretion aus der Ilealfistel nach Verabreichung von 600 ccm Milch nach Verlauf von 7 Minuten begann, so beginnt dieselbe nach der Operation schon nach 2 Minuten; dabei ist der Charakter der Exkretion ein ganz anderer. Während das normale Exkret sich als eine klare durchsichtige, bräunlich-gelbe Flüssigkeit mit in ihr aufgeschwemmten vereinzelten Flocken präsentiert, ist es bei Fehlen des Pylorus der Vollmilch ähnlich, in welcher hin und wieder bräunlich-gelbe Fädchen erkennbar sind. Dieses alles spricht dafür, daß nach der Pylorusresektion die Milch aus dem Magen früher eliminiert zu werden beginnt, als sie gerinnen konnte, nämlich schon während der Nahrungsaufnahme; in dieser Form gelangt sie rasch unter dem Einflusse der Peristaltik bis zum Ileum, indem sie die ihr in den Weg kommenden Darmsäfte mitreißt. Dieser Prozeß dauert ungefähr 20—30 Minuten, wonach eine mehr normale Exkretion beginnt. Augenscheinlich ist dieses die einzige Abnormität, die durch die Ausschaltung des Pylorus hervorgerufen wird. Veränderungen, die in der Zusammensetzung des Magenchymus während der ganzen folgenden

Verdauungsperiode zustande kommen, können mit derselben Abnormität der anfänglichen Magenentleerung erklärt werden. Der getrennte Gang der Entleerung von Milchbestandteilen aus dem Magen erklärt sich, wie oben erwähnt, dadurch, daß die Milch sich vor dem Anfange der Entleerung in Serum und Kasein mit Fett teilt. Verläßt ein Teil der Milch den Magen in natürlicher Form, so muß dieser Umstand selbstverständlich den weiteren Verdauungsprozeß im Magen hauptsächlich insofern beeinflussen, als der Nahrungsinhalt des Magens gleichmäßig vermindert erscheint. Z. B. bei Aufnahme von 600 ccm Milch soll die Magenverdauung nach ca. 20 Minuten einen solchen Verlauf annehmen, als hätte der Hund 500—450 ccm aufgenommen.

Bei einheitlichen und festen Nahrungsarten, wie z. B. bei Verabfolgung von Fleisch, Brot und dgl. dürfte der Unterschied im Vergleich zur Norm noch weniger bedeutend erscheinen. Derartige Versuche aber stehen noch zur Zeit aus.

ε) Entfernung des Pylorus mit dem Antrum.

Bei der Entfernung des Pylorus mit dem Antrum mit nachfolgender Anastomose zwischen dem Fundusteil des Magens und dem Duodenum oder dem Jejunum beobachtet man verschiedenartige Abweichungen von der Norm, und zwar treten bei einzelnen Nahrungsarten verschiedene anormale Erscheinungen hervor.

Folgende Versuchsreihen wurden an zwei Magenfistelhunden ausgeführt, bei denen das Antrum samt Pylorus reseziert worden war. Bei einem dieser Hunde wurde der Fundusteil des Magens mit dem Duodenum, beim anderen aber mit dem Jejunum anastomosiert. Beide Hunde wurden auf die Verdauung von 200 g Fleisch (gemahlen und in Stücken von je 5, 10 und 40 g) 10 g Glykose und Amylodextrin in 200 ccm Wasser gelöst, 200 g weiches Weißbrot und 60 ccm Milch im Laufe der ersten 5—6 Wochen nach der Operation untersucht. Am gastroduodenostomierten Hunde wurden dieselben Versuche 12—14 Monate und dann abermals 24—28 Monate nach der Operation wiederholt.

Die Resultate sind nachstehend tabellarisch geordnet.

1. Die motorische Funktion.

Tabelle XXXVIII zeigt, daß eine Zuckerlösung den Magen eher verläßt, wenn die pars pylorica erhalten ist, als wenn dieser Abschnitt vollständig ausgeschaltet ist; dabei läßt sich wahrnehmen, daß nach einer Gastrojejunostomie (G.-J.) die Entleerung des Magens stärker verlangsamt ist, als nach einer Gastroduodenostomie (G.-D.). Dasselbe läßt sich aus allen Tabellen ersehen, wenn es sich um Ingesta handelt, die normalerweise

hauptsächlich im Magen verarbeitet werden, wie z. B. Fleisch, oder fast ausschließlich im Darm, wie z. B. Amylodextrin und Fett, oder endlich teils hier, teils dort, wie z. B. Brot und Milch. Um festzustellen, ob

Tabelle XXXVIII.

Zuckerlösung.

Dauer des Versuches in Minuten	Menge des gewonnenen Zuckers in % des Zugeführten: Kontrollversuch	Gastroduodenostomie	Gastrojejunostomie
7,5	72	86	71
15	63	57	—
30	37	52	—
45	8	39	—
60	2	14	—
75		7	37
90			—
165			15

Tabelle XXXIX.

Lösliche Stärke.

Dauer des Versuches in Minuten	Zur Neutralisation verbrauchte $^{n}/_{10}$-Lauge resp. Säure-Menge (+) in ccm				Gesamte Kohlehydrate (HCl-Hydrolyse) des Mageninhaltes in % des Zugeführten				Reduzierende Substanzen in % zum Gesamtzuckerwerte des betr. Mageninhaltes			
	K	G.—D.		G.-J.	K	G.—D.		G.—J.	K	G.—D.		G.—J.
		I	II			I	II			I	II	
7,5	−17	+3	—	+3	56	61	–	85	2	31	—	4
15	−18	+6	−8	+5	31	30	39	74	1	37	5	8
30	−56	+5	−8	+5	18	26	36	52	4	38	3	5
45	−23	+3	−8	+5	11	16	—	49	2	43	—	38
60	−66	+6	−3	+1	8	16	14	38	0	42	17	9
75		+5		—				—		38		—
90				−1				32				8
120				+10				16				38
135				+5				14				

Tabelle XL.

Fleisch.

Darreichungsart des Fleisches	Zur Neutralisation verbrauchte $^{n}/_{10}$-Lauge(-) resp. Säuremenge (+) ccm				Stickstoff der koagulierbaren Substanzen des Magenbreies in % des Gesamt-N des letzteren				Verhältnis des aufgenommenen zum abgegebenen Stickstoff in %			
	K	G.—D.		G.—J.	K	G.—D.		G.—J.	K	G.—D.		G.—J.
		I	II			I	II			I	II	
Gemahlen	−140	−60	−144	—	81	48	65	44	27	55	70	81
Stücke z. 5 g	−98	−66	−72		86	68	76	63	37	82	80	86
„ „ 10 „	−100	−57	−95		68	77	75	62	46	88	75	90
„ „ 40 „	−104	−60	−30		77	74	82	68	68	93	88	96

Tabelle XLI.

Brot.

Stunden der Verdauung	Zur Neutralisation verbrauchte $^{n}/_{10}$ Lauge(-) resp. Säuremenge (+) in ccm				Zucker in $^{0}/_{0}$ der Filtrat-kohlehydrate				Verhältnis des aufgenommenen zum abgegebenen N				Kohlehydrate			
	K.	G.—D. I	G.—D. II	G.—J.	K.	G.—D. I	G.—D. II	G.—J.	K.	G.—D. I	G.—D. II	G.—J.	K.	G.—D. I	G.—D. II	G.—J.
2	—777	—312	—296	—101	15	13	13	42	77	88	83	—	66	75	73	—
4	—359	—143	—230	—220	19	21	5	29	28	57	49	—	25	43	49	77
6	—235	—150	—160	—192	13	16	6	19	14	45	30	99	9	37	34	63
8	0	—88	—252	—70	0	19	7	28	0	25	27	41	0	22	30	27
10	0	—40	—50	—11	0	16	3	30	0	13	6	29	0	12	9	6
12	0	—18		—	0	72	0	—	0	5	—	—	0	1	0	—
14	0	0		—6	0			31	0	0	0	2	0	0	0	1

Tabelle XLII.

Milch.

Stunden der Verdauung	Zur Neutralisation verbrauchte $^{n}/_{10}$ Lauge(-) resp. Säuremenge (+) in ccm					Verhältnis (in $^{0}/_{0}$) der gewonnenen Substanzen zu den zugeführteu Zucker					N					Fett				
	K.	G.—D. I	G.—D. II	G.—D. III	H.—J.	K.	G.—D. I	G.—D. II	G.—D. III	G.—J.	K.	G.—D. I	G.—D. II	G.—D. III	G.—J.	K.	G.—D. I	G.—D. II	G.—D. III	G.—J.
1	—100	+1	—165	—	—	22	63	34	—	—	46	64	46	—	—	81	66	69	—	—
3	—40	+3	—	—105	+31	1	16	—	15	13	15	46	—	25	68	27	60	—	51	57
4	—8	+10	—26	— 75	—	1	11	7	10	—	14	33	15	19	—	11	24	50	30	—
5		+15	—2	— 59	—	0	5	8	8	—	3	25	25	21	—	5	4	41	35	—
6		+25	—7	— 24	+10	0	4	2	4	4	0	28	11	17	43	0	4	26	—	41
7		+15	—48	— 48	—	0	2	03	4	—	0	26	8	14	—	0	4	17	30	—
8		--	+10	— 21	+15	0	4	0,1	—	6	0	28	10	6	41	0		5	19	14
10		+8	—3		+5	0	2	0,8		3	0	27	4		29	0		9	10	12
12		+6	0		—3	0	1	0		1	0	16	0		18	0		0		12

Tabelle XLIII.

Eiergolb.

Stunden der Verdauung	Gehalt des Futters an freien Fettsäuren in $^{0}/_{0}$ (nach Subtraktion des präexistierenden Fettsäuregehaltes K.	G.—D. I	G.—D. II	G.—J.
2	7	10	11	—
5	13	19	20	18

die Verdauungsabnormitäten mit der Zeit sich ausgleichen, welche durch die Ausschaltung des Antrums hervorgerufen werden, wurde ein Hund ausgenutzt, der vor einem resp. 2 Jahren operiert und nach Verlauf von 1—2 Monaten nach der Operation untersucht worden war. Vergleicht

man nun die Magenentleerung bei diesem Hunde nach Verlauf von einem Jahre (II), von 2 Jahren (III) nach der Operation und nach einem Monate (I) — Tabellen XXXIX—XLIII —, so überzeugt man sich, daß in dieser Hinsicht mit der Zeit keine nennenswerte Änderung eingetreten ist.

2. Das sekretorische Verhalten.

Nach Ausschaltung des pylorischen Magenteiles verschwindet die anatomische Grenze zwischen den Gebieten der cis- und transpylorischen Sekretion. Die normale Bewegungsrichtung des Mageninhaltes vom Magen zum Darme kann wegen Fehlens eines Hindernisses durch einen entgegengesetzten Strom vom Darme zum Magen gestört werden. Dieser Rückfluß ist dem Grade nach verschieden, je nach der Zusammensetzung des Verdauungsmaterials. Bei reiner Eiweißkost, z. B. Fleisch, fehlt der Rückfluß, wie es scheint, entweder vollständig oder er ist jedenfalls unbedeutend. Der Mageninhalt behält dabei sein normales Aussehen und eine stark saure Reaktion (Tab. XL). Bei Zufuhr von reinen Kohlehydraten, z. B. Amylodextrin ist der duodenale Rückfluß so stark, daß die ganze Verdauungsperiode hindurch im Magen eine relativ stark alkalische Reaktion besteht (Tab. XXXIX). Bei gemischter Nahrung ist die Reaktion bald sauer, wie bei Brot (Tab. XLI), bald alkalisch wie bei Milch (Tab. XLII). Die Versuche, welche nach Verlauf von einem Monate nach der Operation ausgeführt wurden, ergeben jedoch, daß das Hineinfließen des Duodenalinhaltes mit der Zeit zum Stocken kam. So zeigt z. B. die Tabelle XXXIX, daß bei Einführung einer Amylodextrinlösung in den Magen die Reaktion der zu jeder Zeit der Verdauungsperiode aufgenommenen Magenflüssigkeit nicht mehr stark alkalisch war, wie es stets im Laufe der ersten Wochen nach der Operation der Fall war, sondern sauer. Auch mit dem bloßen Auge konnte man nur selten Gallebeimischung wahrnehmen. Dasselbe läßt sich vom Magenbrei bei Verfütterung von Milch sagen.

Aus diesen Tatsachen folgt unter anderem, daß die verlangsamte Magenevakuation und das Regurgitieren des Duodenalinhaltes mit einander nicht zusammenhängen als Ursache und Folge.

Ferner stellte sich heraus, daß auch die normale Ausscheidung der Vollmilch in den Darm, die, wie oben ausgeführt, von der ausgeschalteten Funktion des Pylorus abhängt, mit der Zeit stockte. Somit waren alle diejenigen Folgeerscheinungen geschwunden, die mit dieser Anomalie in Zusammenhang stehen und zwar: gesteigerte Zufuhr in den Darm von stickstoffhaltigen und fettigen Substanzen in der Anfangsperiode der

Verdauung mit gleichzeitig verringerter Beförderung derselben Stoffe im weiteren Verlaufe des Prozesses.

Somit blieb die Funktion des Antrums unkompensiert. Dadurch erfahren wir, daß die unentbehrliche, unersetzbare Funktion des Antrums sich in der Beschleunigung der Magenverdauung und Magenentleerung äußert. Die Funktion des Pylorus besteht in der Hemmung der anfänglichen Magenevakuation, die mit der Zeit kompensiert wird. Da im gegebenen Fall das Antrum fehlte, so konnte die Kompensation nur durch die Tätigkeit des Anfangsteiles des Darmes zustande kommen; dank der Funktion des Anfangsteiles des Duodenums konnte auch die wiederhergestellte Hemmung des Regurgitierens des Duodenalinhaltes in den Magen zur Norm zurückkehren. Von einer Kompensationstätigkeit seitens des Fundus kann hier kaum die Rede sein. Es ist anzunehmen, daß auch unter normalen Verhältnissen die beiden genannten Erscheinungen im Gebiet des Magenausganges durch die vereinigten Kräfte sowohl des Pylorusringes, als auch der Anfangspartie des Duodenums ausgelöst werden.

Was nun die Magensaftsekretion anbetrifft, so erfährt dieselbe eine bedeutende Veränderung. Erstens macht sich eine Verspätung des Beginns der sekretorischen Tätigkeit des Magens bemerkbar: Am deutlichsten tritt das hervor, wenn man bei Milchfütterung den Abfluß aus der Ileumfistel beobachtet. Bei normalen Hunden beginnt, wie schon oben erwähnt, nach 6—8 Minuten aus dieser Fistel eine vollkommen klare, gelbliche Flüssigkeit abzufließen, die hauptsächlich aus Milchserum mit kleinen Kaseinflocken besteht, welches nach der Gerinnung der Milch den Magen allmählich verläßt. Ist aber die pars pylorica reseziert und der Hund gastroduodenostomiert, so läuft aus der Ileumfistel im Laufe der ersten Stunde ganz unveränderte Milch. Aus den Tabellen XL und XLI ist ferner zu sehen, daß der antrumlose Magen während der Verdauung von Fleisch und Brot in jedem gegebenen Zeitpunkt einen viel geringeren Säuregehalt aufweist, als der normale Magen. Teilweise kann diese Erscheinung in der Regurgitation der Duodenalsäfte ihren Grund haben; im größeren Maße aber steht sie in Zusammenhang mit Verminderung der Magensaftabsonderung; darüber läßt sich schon gewissermaßen urteilen nach dem geringen Flüssigkeitsgehalt im Magen. Am deutlichsten ist das zu sehen an dem Aussehen des Mageninhaltes der Versuchshunde von der 5. bis 6. Verdauungsstunde: beim Öffnen der Magenfistel läuft sehr wenig Flüssigkeit ab und im Fundus läßt sich mit dem Finger ein käsiger Klumpen abtasten, der nur zerstückelt mit Hilfe einer Pinzette unter Augenkontrolle herausbefördert werden kann. Je mehr sich die

Verdauungsperiode ihrem Ende nähert, um so kleiner wird dieser Klumpen, er nimmt aber nur recht langsam an Größe ab.

Mit der Zeit (ca. $^1/_2$ Jahr) gleicht sich aber diese Abnormität einigermaßen aus.

3. Der Verdauungschemismus.

Die Ausschaltung der pars pylorica wirkt ganz merklich auf die Verdauungsvorgänge im Magen. Je nach der Nahrungsart ergibt sich das eine oder das andere Bild der Einwirkung.

1. Bei reiner Eiweißkost (Fleischnahrung) tritt eine Verzögerung des Ablaufes der Verdauungsvorgänge im Magen ein, und zwar eine um so stärkere, je größer das Volumen der verschluckten Stücke war; der Charakter dieser Vorgänge bleibt aber unverändert. In jedem beliebigen Zeitpunkt finden sich, wie bekannt, sowohl bei den Versuchstieren, wie auch bei den normalen Hunden verdaute und unverdaute Substanzen, wobei bei beiden Arten der Hunde die entsprechenden Substanzen denselben Spaltungsgrad aufweisen (Peptidzahl bei Fleisch ca. 70). Der Chemismus bleibt somit normal, insofern es sich um Spaltung der verdauten Substanzen handelt; die Verdauung aber geht bei ausgeschaltetem Antrum nur sehr langsam vor sich, wobei mit der Zeit (Beobachtung von 3 Jahren) keine Ausgleichung dieses Defektes zustande kommt.

2. Bei jener Kostmischung wie Brot, Eigelb, bei der ein Rückfluß transpylorischer Sekrete stattfindet, aber nicht in dem Grade vor sich geht, daß die saure Reaktion des Mageninhaltes verändert wird, nähert sich der Charakter der chemischen Prozesse im Magen, besonders nach einer Gastrojejunostomie, ständig dem Typus normaler Duodenal- und Oberjejunalprozesse, in welchen Darmabschnitten der Verdauungsinhalt ein Gemisch von cis- und transpylorischen Sekreten ist, mit saurer Gesamtreaktion. Wenn das verabfolgte Brotquantum 200 g beträgt, so erreicht normalerweise der Dextringehalt im Magenbrei 8,15 g und der Gehalt an reduzierenden Substanzen, in Form eines Zuckeräquivalentes, 1,49 g. Nach Ausschaltung der pars pylorica des Magens erreichen diese Werte eine Höhe bis zu 17,3 und 11,81, d. h. vergrößern sich bedeutend (bis zu 42 %, reduzierende Substanzen, gegen 19 %, Tab. XLI). In dieser Hinsicht gibt die Gastrojejunostomie viel überzeugendere Daten, als die Gastroduodenostomie. Intensität und Extensität des Spaltungsprozesses der Verdauungsprodukte der Stärke gehen hier nicht parallel, und in jedem Zeitpunkte der Verdauungstätigkeit ist der Stärkegehalt höher bei den Versuchstieren, als bei den normalen. Bei Eigelbkost wird ebenfalls Erhöhung der Fettspaltung im Magen beobachtet (Tab. XLIII).

In Übereinstimmung mit der Tatsache, daß die Regurgitation der Duodenalsäfte in den Magen mit der Zeit abnimmt, zeigen die Zahlen-

reihen, die in der Tabelle XXV den Gehalt der löslichen kohlehydratartigen Stoffe an reduzierenden Substanzen im Laufe der Verdauung von Brot darstellen, daß die betreffenden Ziffern mit der Zeit bedeutend abnehmen (13—5—6—7—3—0, gegen 13—21—16—19—72). Demgegenüber bleibt die Fettspaltung bei Verfütterung von Eigelb mit der Zeit unverändert In den ersten Wochen nach der Antrumausschaltung wies die Fettspaltung am Ende der zweiten Verdauungsstunde 10% und am Ende der fünften Stunde 19% auf; nach Verlauf von mehr als einem Jahr erhielt man ceteris paribus 11% und 20%. Weitere Versuche müssen aufklären, weshalb die Kompensation im Falle von Eigelbfütterung nicht zum Ausdruck kommt.

3. Reine Kohlehydrate und Fette bestimmen für beide erwähnte Abweichungen von der Norm diejenige Art der Magenverdauung, die unter normalen Verhältnissen typisch ist für den mittleren Darmabschnitt mit ständig alkalischer Reaktion. So steigt bei Amylodextrinzufuhr der Gehalt an reduzierenden Substanzen im Magen bis zu 43% (Tab. XXXIX) gegen den maximal normalen Wert von 4%. Ebenso geht bei Fütterung mit Schweineschmalz die Fettspaltung mit Seifenbildung einher, wovon in der mittleren Phase der Verdauungsperiode bis zu 0,2 g nachgewiesen werden kann.

Die Beobachtungen bei Fütterung mit Kohlehydraten decken sich im allgemeinen mit denjenigen bei Milchfütterung. Die chemische Natur der Magenverdauung nähert sich dabei wegen vorherrschender alkalischer Reaktion dem Typus der normalen Vorgänge in den mittleren Darmabschnitten: sowohl Laktose, als auch Fette und Eiweiß (Peptidzahl) der Milch erfahren dabei bedeutend höhere Veränderungen als normale.

Wie oben erwähnt, verläßt die Milch den antrumlosen Magen in der ersten Stunde in gleichmäßigem Strome mit allen ihren Bestandteilen und läuft in den Darm und durch ihn wenigstens bis zum Ileum ganz unverändert und unverkäst. Daher erhalten wir, an Stelle der verschieden großen Zahlenwerte für den normalen Mageninhalt, eine Stunde nach der Milchaufnahme mit 22% (Zucker), 46% (N) und 81% (Fett), eine Reihe gleichwertiger Zahlen: 63, 64 und 66. Im weiteren Verlauf beginnt ein getrennter Abfluß für die einzelnen Milchkomponenten aus dem Magen, jedoch nicht in der normalen Reihenfolge: Am langsamsten verläßt den Magen nicht das Fett, sondern das Eiweiß.

Wie es auf Grund des oben Gesagten zu erwarten war, kehrte der Magenchemismus auch bei diesen Speisearten nach gewisser Zeit fast zur Norm zurück. So sieht man aus der Tabelle XXXIX, daß der Gehalt des Mageninhaltes an reduzierenden Substanzen sich nach Verlauf eines Jahres nach der Operation in jedem Zeitpunkte der Verdauungs-

periode geringer (5%, 3% und 17%) gestaltet, als einige Monate nach der Operation (34%, 37%, 38%, 43%, 42%, 38%). Bei der Milchverdauung konnte man ebenfalls nachweisen, daß die Spaltung von Eiweißsubstanzen und Laktose sich mit der Zeit der Norm genähert hatte. In derselben Richtung erwies sich als geändert der Abfluß aus dem Magen für die einzelnen Milchkomponenten. So wurden z. B. für den Mageninhalt eine Stunde nach der Milchaufnahme nicht gleichwertige Zahlen gefunden: 63% (Zucker), 64% (*N*) und 66% (Fett), wie in der ersten Versuchsreihe an demselben Hunde, sondern wie unter normalen Verhältnissen verschieden große Zahlenwerte (34, 46 und 69). Im weiteren Verlauf flossen die einzelnen Milchkomponenten aus dem Magen ebenfalls in der normalen Reihenfolge: Am schnellsten verließen den Magen die Milch, Zucker, dann folgen die Stickstoffsubstanzen und endlich das Fett.

Circa 2 Jahre nach der Operation macht sich erst eine Verbesserung der verzögerten und geschwächten Magenverdauung bemerkbar. Anstatt 11—12 Stunden dauert die Magenverdauung bei Darreichung von 600 ccm Milch nur 9—10 Stunden. Ob überhaupt eine vollkommene Rückkehr zur Norm stattfindet, sollen weitere Beobachtungen an demselben Hunde erweisen.

Aus der Zusammenstellung aller erwähnten Befunde kann folgender Schluß gezogen werden.

Die Cardia des Magens reguliert, abgesehen von anderen Funktionen, die ihr zukommen, die Füllung des Magens; mit dieser ist das normale Gefühl des Sattseins verbunden. Ist der Magen überfüllt, so kann die Cardia nicht normal funktionieren und läßt den Überschuß durch. Durch den pressenden Druck des Magenfundus auf den Inhalt wird letzterer nur langsam weiter befördert. Die rhythmischen Kontraktionen des Antrums beschleunigen die Evakuation. Der Pylorus entfaltet seine normale Tätigkeit in der Anfangsphase des Verdauungsprozesses, worauf der Darm in seine Rechte tritt, jedenfalls genügt die Funktion dieses letzteren allein, damit die Evakuation des Magens im normalen Tempo geschehen könnte. Der Einfluß des Darmes auf den Entleerungsprozeß des Magens ist ein zweifacher; vor allem ein rein mechanischer. Öffnet man die Fistel, welche sich unmittelbar hinter dem Pylorus befindet, so entleert sich der Mageninhalt durch dieselbe ziemlich rasch — bei Verabfolgung von 200 g Fleisch z. B. — im Laufe einer Stunde anstatt 5—6 Stunden. Liegt die Fistel tiefer und ist damit ein mechanisches Hindernis nicht ausgeschlossen, so ist das Tempo der Magenentleerung verlangsamt, im Vergleich zur Norm aber doch beschleunigt. Der

Grund dafür liegt darin, daß, außer dem rein mechanischen Hindernisse im Ausgang des Magens, der Darm — hauptsächlich das Duodenum und das obere Jejunum — auf die Magenmuskulatur einen Einfluß auf nervösem Wege oder auch auf demjenigen der Blutgefäße ausübt. Es hat sich die Anschauung eingebürgert, daß dieser Einfluß auf den Pylorusring projiziert wird. Der Versuch zeigt jedoch, daß auch der Fundus des Magens dem projizierten Einfluß vom Darm aus unterliegt. Davon kann man sich aus folgenden Versuchsreihen überzeugen.

Tabelle XLIV.

Zeit der Beobachtung in Min.	Normaler Hund ohne	Normaler Hund mit	Hund mit reseziertem pylorischem Magenteil ohne	Hund mit reseziertem pylorischem Magenteil mit
	Infusion der sauren Lösung			
	Gesamtmenge der gewonnenen Flüssigkeit in ccm.			
1	60	0	20	0
2	90	0	22	0
3	120	0	40	0
4	140	0	60	0
5	175	0	62	0
6	—	0	75	0
7	—	0	95	0
8	—	0	110	15
9	—	0	120	18
10	180	0	—	20
10–15		0	125	60
15—20		0	138	82
20–25		0	142	90
25—30		0	—	125
30–35		10	150	140
35-40		40	160	150
40—45		50	170	160
45—50		60	175	175
50—55		80	180	180
55—60		110	185	194
60—65		130	—	—

Die eine Versuchsreihe[26]) wurde an zwei Hunden mit einer Fistel im Magen und Duodenum (zweikammerige) angestellt. Bei dem einen dieser Hunde wurde das ganze Antrum mit dem Pylorus entfernt, bei dem anderen zur Kontrolle die normalen Verhältnisse belassen. Die Versuche bestanden darin, daß bei beiden Hunden in den distalen Teil des Duodenums ein Ballon, in den Magen durch die Fistel 200 ccm Wasser mit Methylenblau angefärbt, eingeführt wurde. Die aus der Duodenalfistel fließende Flüssigkeit wurde in einem Meßzylinder aufgefangen, und die Menge jede Minute notiert. 1 Stunde nach Beendigung der Exkretion aus der Fistel, führte man wieder 200 ccm Wasser in den Magen ein,

3 Minuten vorher aber wurde in den distalen Teil des Duodenums 50 ccm einer $2^1/_2$% Lösung von Darmverdauungsprodukten des Fleisches in $\frac{n}{10}$ *HCl* eingespritzt. Die Exkretion wurde wieder notiert. In anderen Versuchen änderte man die Reihenfolge: zuerst beobachtete man die Exkretion von Wasser bei vorausgegangener Infusion der saueren Lösung, darauf aber ohne dieselbe.

Aus der vorliegenden Tabelle geht hervor, daß die Einführung von Salzsäure in den Darm auf die Magenentleerung hemmend wirkt und zwar sogar in dem Fall, wenn sowohl das Antrum, als auch der Pylorus vollständig reseziert sind; d. h. die Salzsäure übt eine Wirkung auf den Fundus aus; diese Wirkung ist allerdings bedeutend schwächer als diejenige auf den pylorischen Teil. Weitere Versuche müssen noch die getrennte Wirkung auf den Pylorusring selbst und das Antrum aufklären.

Der eben beschriebene Versuch trägt, wie jedes Experiment überhaupt, einen gewissermaßen künstlichen Charakter. Es war wünschenswert, die hemmende Wirkung des Darmes auf den Fundus unter Bedingungen der vollen Entfaltung des Verdauungsprozesses zu verfolgen. Wir wissen, daß bei einem normalen Hunde der Verdauungsprozeß sich in bedeutendem Grade verschlechtert und beschleunigter vor sich geht, wenn man die ganze Zeit den Chymus aus der Fistel fließen läßt, welche im Anfangsteil des Jejunums angelegt ist. Dieses hängt hauptsächlich damit zusammen, daß auf diesem Wege der Einfluß einer großen Darmpartie ausgeschlossen wird, welche normaliter die Magenentleerung hemmt. Wenn es richtig ist, daß diese hemmende Wirkung sich auf den Fundus erstreckt, so muß der charakteristische Effekt der geöffneten Jejunalfistel sich auch bei totalem Fehlen der pylorischen Magenpartie offenbaren.

Derselbe Versuch,[25]) wie auch beim normalen Hunde (s. weiter unten, Jejunumverdauung), wurde nun auch an einem Hunde mit reseziertem pylorischen Teil des Magens, mit einer Magenfistel und einer Fistel im Anfangsteile des Jejunums angestellt (Anastomose zwischen Fundus und Duodenum). Es erwies sich dabei, (Tab. XLII a kontinuirliche, b diskontinuirliche Chymusaufnahme) daß beim Belassen des Fundus allein, die Ausschaltung des Darmes aus dem Verdauungsprozeß, angefangen vom oberen Teil des Jejunums etwa 75 cm unterhalb des Pylorus, die Magenverdauung abkürzt und verschlechtert.

ζ) Die Rolle des Fundus und Antrums des Magens bei der Evakuation von festen und von flüssigen Bestandteilen aus demselben.

Die oben angeführten Versuche (S. 58) haben gezeigt, daß Wasser, welches in mäßigen Quantitäten dem Hunde gleichzeitig mit gemahlenem

Tabelle XLV.

Nahrung: 400 g Fleisch, 100 g Stärke und 50 g Schweinefett.

Verdauungs-stunde	Verdauungs-viertelstunde	Menge des abgeschiedenen Chymus (cm) in einzelnen Viertelstunden a	b	Stunden a	Stunden b
	1	14	20		
I	2	16	25	204	162
	3	34	25		
	4	90	92		
	1	146	105		
II	2	168	35	538	210
	3	118	50		
	4	106	20		
	1	40	85		
III	2	60	115	186	325
	3	40	95		
	4	46	30		
	1	38	60		
IV	2	54	70	100	229
	3	8	25		
	4	0	74		
	1	0	100		
V	2	0	50	60	225
	3	40	45		
	4	20	30		
	1	10	45		
VI	2	10	50	38	169
	3	8	50		
	4	10	24		
	1		30		
VII	2		25		132
	3		25		
	4		52		
	1		15		
VIII	2		15		70
	3		20		
	4		20		
	1		25		
IX	2		10		95
	3		40		
	4		20		
	1		25		
X	2		20		130
	3		25		
	4		60		
	1		25		
XI	2		0		25
	3		0		
	4		0		
Zusammen		1126	1772		
Im Magen nachgefunden (Mittelwert)		Spuren	78		

Fleisch eingeführt wird, verhältnismäßig schnell aus dem Magen eliminiert wird; dabei nimmt der Verdauungsprozeß des eingeführten Fleisches im Magen seinen normalen Gang und verläuft im gewöhnlichen Tempo. Diese Wirkung großer Wasserquantitäten äußert sich nur in der Verlangsamung dieses Prozesses. Weiterhin war es interessant zu verfolgen, welche Rolle in diesem Prozeß dem einen oder dem anderen Magenabschnitt zukommt. Zur Aufklärung dieser Frage dienten Versuche mit Hunden,[27]) bei denen der pylorische Magenteil vor $1^1/_2$ Jahren in toto resceziert, der Fundus aber mit dem Anfangsteil des Duodenums in Verbindung gebracht worden war; außerdem war am Fundus eine Magenfistel angelegt worden. In zwei Versuchen erhielt der Hund 200 g gemahlenes Fleisch per se, im dritten — unmittelbar vor der Fütterung — wurde das Fleisch mit 400 ccm Wasser vermengt, im vierten mit einem Liter Wasser. Der Mageninhalt wurde jedesmal 3 Stunden nach der Fütterung entnommen, der Chymus gewogen, mit Lakmoid titriert und auf den Stickstoffgehalt der koagulierenden und nicht koagulierenden Substanzen geprüft. In der vorliegenden Tabelle XLVI sind die Ziffern angeführt, wobei in den Versuchen mit der Fütterung mit Fleisch per se Durchschnittswerte angegeben werden.

Vergleicht man die Resultate der Versuche dieser Serie mit denjenigen der Versuche am normalen Hunde, so konstatiert man einerseits eine Ähnlichkeit, andererseits einen Unterschied zwischen denselben. Die Ähnlichkeit besteht darin, daß das mit der Nahrung aufgenommene Wasser den Magen, von welchem nur der Fundus zurückgeblieben war, zuerst verläßt, ganz so wie aus einem normalen Magen. Daraus ergibt sich, daß die Evakuation des mit der festen Speise eingeführten Wassers der direkten Funktion des Fundus zukommt. Der Unterschied äußert sich darin, daß bei Fehlen des Antrums das in den Darm übergehende Wasser einen Teil der festen Nahrung aus dem Magen mitreißt. Sämtliche Komponenten des Mageninhalts erwiesen sich im Moment der Untersuchung verringert, und zwar unter dem Einfluß des beigefügten Wassers. Säuregehalt 87 und 95 anstatt 152 ccm, der Gehalt an koagulierenden Substanzen 50% und 52% anstatt 10%, an nichtkoagulierenden, 0,63 und 0,85 g statt 1,54 g. Somit ist die Trennung der flüssigen Bestandteile von der festen Nahrung mit der Funktion des pylorischen Magenabschnittes eng verbunden.

Die erhaltenen Befunde sollten nun auf einem mehr direkten Wege kontrolliert werden, zu welchem Zwecke man die bei demselben Hunde vorhandene Fistel im Anfangsteile des Jejunums ausnutzte. Die Versuche bestanden darin, daß der Hund bei offener Jejunalfistel in zwei Versuchen 200 g gemahlenes Fleisch per se erhielt, im dritten Versuche Fleisch

mit Beimengung von 400 ccm, im vierten von 600 ccm Wasser. Der aus der Fistel fließende Chymus wurde in Meßzylindern aufgefangen, die $^1/_4$ stündigen Portionen notiert und die stündlichen Portionen analysiert.

Tabelle XLVI.

a. Magenfistel.

Menge d. hinzugefügten Wassers	Menge	Azidität	Stickstoff des Magenbreies inkoagulierb. Substanz	Stickstoff des Magenbreies koagulierb. Substanz	% d. koagulierbaren Substanz des Fleisches	% d. verabfolgten Fleisch-N.
ccm	g	$\frac{n}{10}$ ccm	g	g		
0	206	152	1,54	3,68	70	82
400	185	87	0,63	2,64	51	51
1000	—	95	0,85	2,72	52	56

b. Jejunalfistel.

Versuchs-Stunde	Viertelstunde	Menge des ausgeschiedenen Chymus I-II	III	IV	Stickstoff inkoagulabler Substanzen I-II	III	IV	Stickstoff koagulabler Substanzen I-II	III	IV
		ccm			in g und % der Chymusmenge (= N-Konzentration)			in g und % des N der koagulierbaren Substanz d. Fleisches		
I	1	6	110	103						
	2	3	150	118	0,09	0,99	0,92	0,10	1,39	0,45
	3	13	93	207	(=0,24%)	(=0,24%)	(=0,17%)	(=2%)	(=27%)	(=9%)
	4	16	60	127						
zusamm.:		38	416	555						
II	1	15	52	50						
	2	13	54	35	0,35	1,15	0,67	0,44	1,56	0,61
	3	20	48	42	(=0,53%)	(=0,48%)	(=0,10%)	(=8%)	(=30%)	(=12%)
	4	18	86	40						
zusamm.:		66	240	167						
III	1	14	22	59						
	2	12	18	24	0,28	0,63	0,46	0,27	0,71	0,73
	3	23	52	39	(=0,36%)	(0,5%)	(=0,32%)	(=5%)	(=14%)	(=14%)
	4	28	34	23						
zusamm.:		77	126	145						
Gesamt-Menge		181	782	867						

In der XLVI. Tabelle b. sind die beiden ersten Versuche in Durchschnittswerten angeführt. Die erhaltenen Ziffern bestätigen erstens die Resultate der vorhergegangenen Versuchsreihe bei demselben Hunde mit der Magenfistel Im Versuche mit 400 ccm Wasser entleerten sich gegen Ende der

ersten Stunde aus der Jejunalfistel 416 ccm Flüssigkeit, im Versuch mit 600 ccm Wasser 555 ccm gegen 38 ccm bei Fütterung mit Fleisch allein. Wir müssen erwähnen, daß in den beiden letzten Versuchen aus der Fistel 60 ccm Flüssigkeit herausflossen, während der Hund aß. 3 Stunden nach der Nahrungsaufnahme wurden im Versuch mit 400 ccm Wasser 601 ccm Chymus mehr ausgeschieden, als im Durchschnitt bei Fütterung mit reinem Fleisch, im Versuche mit 600 ccm waren es 686 ccm mehr. Dieser Überschuß an Chymus muß teilweise durch die safttreibende Wirkung des Wassers, teilweise aber durch die verringerte Resorption erklärt werden, welche durch reichliches Zuströmen des Wassers hervorgerufen wird. In Übereinstimmung mit den Resultaten der Versuche mit der Magenfistel fällt der hohe Gehalt an koagulierenden Stoffen im Chymus der beiden letzten Versuche ins Auge — oder mit anderen Worten von unverdautem Fleisch: statt 2—8 % von koagulierenden Substanzen bei Fleisch allein, erreichen sie bei Beimengung von Wasser 30 % im Verhältnis zu den koagulierenden Stoffen der Nahrung.

Unter anderem sind diese Befunde auch für die praktische Medizin von gewissem Wert: in denjenigen Fällen, wo bei einem Patienten der pylorische Magenabschnitt entfernt wird, ist es nützlich, dem Kranken eine an Wasser reiche Nahrung zu verabfolgen; letzteres beschleunigt die Evakuation des Magens, welche unter dem Einfluß des operativen Eingriffes bedeutend erschlafft; andererseits aber verstärkt es auch bis zu einem gewissen Grade die Absonderung der Verdauungssäfte.

Während des Verdauungsprozesses im Magen ändert sich in demselben ständig die quantitative Wechselbeziehung zwischen den flüssigen und festeren Bestandteilen. Dank dem ständigen Zufluß von Magensaft und seiner verdauenden Wirkung, wird die Menge der Flüssigkeit im Magen immer größer, während der Gehalt an festen Substanzen geringer wird. Somit stellen die hier beschriebenen Versuche eine künstliche Steigeruug derjenigen Bedingungen dar, die bei jedem Verdauungsakt im Magen zu Tage treten. Sowohl in diesem, als auch im anderen Falle muß der Mechanismus in gewissen Grenzen ein und derselbe sein. Um diesen Mechanismus zu verstehen, müssen folgende Momente in Betracht gezogen werden. Die Wände des Magens umgeben dessen Inhalt fest von allen Seiten, so daß jeder äußere Druck auf den Magen die in ihm befindliche Masse in der Richtung des geringsten Widerstandes verschieben muß. Diese Erscheinung kann man deutlich sehen, wenn man eine Seitenfistel des Magens, in welchem sich flüssiger Inhalt befindet, öffnet. Aus der geöffneten Fistel fließt ein Teil des Mageninhaltes bis zum Niveau des unteren Fistelrandes heraus. Die nachgebliebene Flüssigkeit

fließt in kleinen Strahlen und in Schüben bei jedem Exspirationsakte heraus. War jedoch die Fistel geschlossen, so würde die Stelle des geringsten Widerstandes in der Richtung des Antrums gelegen sein, wohin die Flüssigkeit auch hinströmen würde. Die Bewegungen des Antrums kann man zuweilen ziemlich deutlich während der Operation in dieser Gegend beobachten. Die Bewegungen tragen den Charakter von wechselnden peristaltischen Systolen und Diastolen. Bei der Diastole öffnet sich das Antrum in der Richtung des Magens in Form eines Trichters, wodurch sozusagen eine Aspiration des Fundusinhaltes zustande kommt, jedoch nicht en masse. Indem die Wände des Magens und die Curvatura major sich periodisch kontrahieren, pressen sie den Inhalt leicht zusammen; die Falten der Magenschleimhaut werden an der ringförmigen Abschnürung zwischen dem Fundus und Antrum direkter und bilden hier einen Klappenfilter, der die festeren Bestandteile zurückhält, deren Weiterbeförderung noch dadurch erschwert wird, daß sie sich aufwärts längs der distalen schiefen Oberfläche des Fundus fortbewegemüssen, auf dessen Boden sie infolge ihrer Schwere niederfallen. Außerndem besitzt das Antrum, wie man annimmt, die Eigenschaft, die zu ihm gelangten gröberen Nahrungsstücke in den Fundus zurückzustoßen.

Ist das Antrum mit seinen Sphinkteren ausgeschaltet, so wird die Filtration des Mageninhaltes, welcher in den Darm befördert wird, eine ungenügende, wie es aus dem angeführten Versuche deutlich zu sehen ist.

Also wird der normale Gang der Magenentleerung durch folgende Hauptmomente erzeugt: 1. Die Preßkraft der Magenumgebung und die der Funduswand; 2. Bildung einer Art Klappenfilters am Ausgange des Fundus infolge der sich hier zusammenlegenden Magenschleimhautfalten; 3. Schiefe aufsteigende Oberfläche des distalen Teiles der Curvatura major; 4. Pulsationsähnliche Peristaltik des Antrums.

η) Einfluß des Pankreassaftes auf die Magenverdauung.

Unter den oben (S. 106) angegebenen pathologischen Bedingungen regurgitiert der Duodenalinhalt mit seinen Fermenten in den Magen. Es ist nun fraglich, ob unter dem Einfluß der Darmfermente sich der Gang der normalen Magenverdauung in irgend einer Weise ändert. Es ist dieses um so interessanter als der natürliche Pankreassaft vielleicht auch eine praktische Anwendung finden wird und zwar bei einigen Verdauungsdefekten.

Um die gestellte Frage zu lösen, erhielt ein Hund mit Magenfistel in einer Versuchsreihe[29]) 50 g ausgekochtes und getrocknetes Fleisch (in Pulverform) mit 50 ccm Wasser (Tabelle XLVII a). In einem anderen Versuche wurde das Fleischpulver nicht mit reinem Wasser vermengt, sondern mit einer Lösung entweder von zymogenem Pankreassaft

(Tabelle XLVII b), oder von solchem, welcher zuerst durch den Darmsaft aktiviert worden war (Tabelle XLVII c). In einer vierten Versuchsreihe endlich wurde das Gemisch von Fleisch mit aktivem Pankreassaft vor der Verfütterung in der Kälte im Laufe von 2×24 Stunden aufbewahrt (Tabelle XLVII d). Nach Verlauf von verschiedenen Zeiträumen wurde der Mageninhalt entnommen und analysiert. Die Resultate ergaben, daß erstens der zymogene Pankreassaft durch seine Anwesenheit auf den normalen Gang der Magenverdauung gar keinen Einfluß ausübt. Die Mittelwerte aus den entsprechenden Versuchsreihen (a und b) sind fast gleich (70—70, 50—51, 68—63, 76—78, 30—29, 45—43). Zweitens steigert der aktive Pankreassaft den Prozeß der Verdauung im Magen nur in geringem Grade. Z. B. nach 2 Verdauungsstunden blieben im Magen in den Kontrollversuchen 45 % des Zugeführten zurück, bei Zugabe aber von aktivem Pankreassaft nur 36 %. Jedoch ließen sich nach der dritten Verdauungsstunde in beiden Fällen dieselben Restmengen vorfinden (34 % und 35 %). Drittens wurde, wenn das Fleisch vor der Verfütterung einige Zeit lang der Wirkung des aktiven Pankreasfermentes in der Kälte ausgesetzt war, der Verdauungsprozeß im Magen in bedeutendem Grade erleichtert und beschleunigt. Anstatt 34 % des Zugeführten im Kontrollversuch wurden beim unverdauten Fleisch nur 6 % gegen Ende der dritten Verdauungsstunde im Magen gefunden.

Tabelle XLVII.

Azidität ($\frac{n}{10}$ ccm)				Unkoagulierbare Substanzen g				Peptidzahl				Koagulierb. Substanzen in % des Verabfolgten				Gesamt-N. in % des Verabfolgten			
a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
								1. Stunde											
123	105	—	—	0,77	0,80	—	—	—	56	—	—	48	52	—	—	61	60	—	—
135	117	—	—	1,56	0,87	—	—	61	71	—	—	52	38	—		77	53	—	—
133	—	—	—	1,02	0,82	—	—	75	80	—	—	51	63	—	—	67	76	—	—
130	111	—	—	1,18	0,83	—	—	70	70	—	—	50	51	—	—	63	63		—
								(Mittelwerte.)											
								2. Stunde											
101	133	136	150	1,00	0,88	1,0	1,06	73	81	51	72	33	33	24	22	49	47	40	38
121	124	110	—	0,98	0,86	—	—	76	75	53	—	32	21	21	—	47	38	32	—
89	—	—	—	0,95	—	—	—	80		—	—	24	—	—	—	39	—	—	—
104	129	138	150	0,98	0,87	0,86	1,06	76	78	51	72	30	29	23	22	45	43	36	38
								(Mittelwerte.)											
								3. Stunde											
89	—	138	110	1,21	—	0,81	0,32	70	—	72	74	15	—	23	1	34	—	36	6
97		111		0,68	—	0,78	—	66	—	66	—	—	—	25	—	—	—	33	—
89	—	140	110	0,95	—	0,81	0,82	68	—	69	74	—	—	24	1	—	—	35	6
								(Mittelwerte.)											

9) Verengerung und Verschluß des Magenausganges.

Bei der gänzlichen Undurchgängigkeit des Pylorus hört auch selbstverständlich die Weiterbeförderung des Mageninhaltes in die Gedärme auf. Damit hört auch die Arbeit des Magen-Darmtraktus gänzlich auf und es muß ein künstlicher Weg für den Durchgang der Nahrungselemente in den Darm geschaffen werden. Bekanntlich werden hier verschiedene operative Eingriffe angewandt. Es ist möglich, eine unmittelbare Verbindung des Mageninneren mit dem Darm herzustellen (Gastroduodeno- oder Gastrojejunostomie).

Dieser operative Eingriff findet jedoch zweifellos nur in dem Falle eine Rechtfertigung, wenn der Pylorus vollständig undurchgängig ist. Anderenfalls kann die Funktion der Anastomose nicht als sicher angesehen werden. Eine Reihe von Versuchen illustriert diese Verhältnisse aufs Deutlichste.

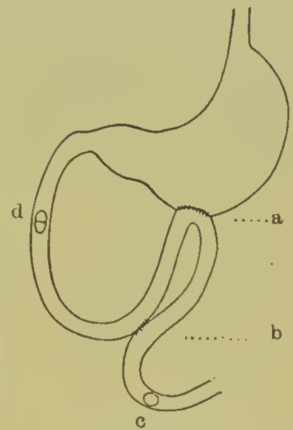


Fig. 26.

Bei einem normalen Hund[25]) ist die zweite Schlinge des Jejunums (Fig. 26a) mittels einer breiten (5 cm) Anastomose mit dem Fundus verbunden. Die erste Schlinge des Jejunums ist mit dem ableitenden Teil der zweiten in 10 cm Entfernung von ihrer Verbindung mit dem Magen mittels Anastomose verbunden (Fig. 26b). Die Hilfsrolle dieser Anastomose hat eine sehr wichtige Bedeutung. In denjenigen Fällen, in welchen diese Anastomose nicht angelegt worden ist, kommt ein circulus vitiosus zustande. Der Mageninhalt gelangt ins Duodenum, von dort ins Jejunum und durch die Anastomose zurück in den Magen. Da der Darm des Hundes nicht selten die eine oder andere Art von Würmern beherbergt, so gelangen diese zusammen mit dem Darminhalt in den Magen und unterhalten den Brechakt, der auch ohnedem häufig als Begleiterscheinung bei dieser Versuchsanordnung auftritt.

10 cm unterhalb der Enteroanastomose wird eine einkammerige Fistel angelegt, (Fig. 26 d) an dem Duodenum hinter der Einmündungsstelle des Hauptausführungsganges der Bauchspeicheldrüse eine zweikammerige (Fig. 26c). Nach der Operation erholte sich der Hund schnell, nahm feste und flüssige Nahrung zu sich, sodaß 7 Tage danach der Versuch angestellt werden konnte. Bei offen bleibenden Fisteln wurde 1 Liter Milch verabfolgt. Durch die anale Hälfte der Kanüle wurde ins Duodenum ein Ballonapparat eingeführt und der Abschluß durch Aufblasen des Ballons erreicht. Wenige Minuten nach der Nahrungsaufnahme begann der Abfluß des Mageninhaltes aus der oralen Hälfte der Kanüle in ziemlich starken Strahlen

Aus der Jejunumfistel, aus der eine Absonderung erwartet werden konnte falls die gastroenterostomosierte Stelle durchgängig wäre, trat selbst nach 15 Minuten keine Absonderung auf. Daraufhin wurde in das untere Duodenum eine Lösung von $\frac{n}{10}$ Salzsäure injiziert, um einen Verschluß des Pylorus auszulösen. Die Folge davon war, daß die Exkretion des Magens geringer wurde und daß aus der Jejunumfistel die Reste der nicht resorbierten Salzsäure in Form einer hellen Flüssigkeit sezerniert wurden. Ebenso wenig trat eine Sekretion der Bestandteile der Milch auch in der folgenden Stunde auf. Der Versuch wurde abgebrochen und am nächsten Tage ein neuer angesetzt. Die Versuchsanordnung bestand in diesem Falle darin, daß der Ballonapparat (Fig. 16) durch die orale Hälfte der Kanüle (Fig. 26 o) ins obere Duodenum eingeführt und dort der große Ballon ad maximum aufgebläht wurde. Ungeachtet dessen wurde der Mageninhalt nicht durch die Jejunalfistel sezerniert, sondern gelangte ins Duodenum und floß unter Überwindung des Widerstandes seitens des Ballons durch die abführende Röhre des Apparates ab. Bei der Sektion, die einige Tage nach dem Versuch gemacht wurde, erwies es sich, daß die Anastomose durchgängig war. Die Darmwand war glatt und die beiden Enden der Darmschlinge mündeten in den Magen mit separaten Öffnungen, die für den Daumen des erwachsenen Menschen durchgängig waren (Fig. 27). Über der Öffnung ragte dagegen eine Schleimhautfalte des Magens, welche für die mechanische Intaktheit des Magens bis zu gewissem Grade verantwortlich gemacht werden konnte. Daraus geht nun hervor, daß das Vorhandensein einer Nebenverbindung zwischen Magen und Darm keineswegs einen Durchgang des Mageninhaltes durch diese Öffnung gewährleistet. Die erhobenen Befunde veranlaßten, die obige Operation an weiteren Hunden dahin zu modifizieren, daß man der eigentlichen Operation eine Verengerung des Pylorus durch Umlegen einer dicken Ligatur folgen ließ: Am dritten und vierten Tage nach der Operation wurde der Hund bei offenen Fisteln mit Milch gefüttert. Indem nun die Duodenalfistel während mehrerer Stunden verdaute Milch sezernierte, war die Jejunalfistel ganz untätig.

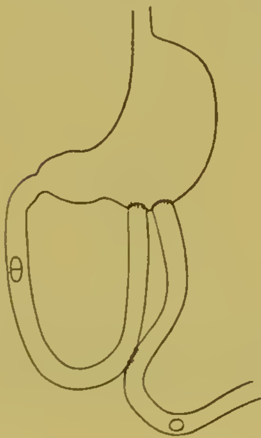


Fig. 27.

Es ergibt sich also aus all dem Gesagten, daß die Gastrojejunostomie beim Versuchshunde erst beim endgültigen Verschluß des Pylorus funktionsfähig ist.

ι) Ausschaltung des Pankreassaftes.

In erster Linie war es interessant zu sehen, was für einen Einfluß die Ausschaltung des Pankreassaftes auf die Arbeit des Magens ausübt. Zu diesem Zweck wurde an einem Hunde mit Magenfistel eine Reihe von Versuchen[30]) angestellt, um festzustellen, wie sich der Magen unter bestimmten Bedingungen zu verschiedenen Nahrungsarten verhält, wie z. B. zu gemahlenem Fleisch, ausgekochten Fleischstücken mit Milch, zu Stärke u. s. w. Nach Verlauf von 11 Monaten nach der Fistelanlegung resezierte man diesem Hunde den Körper und den Schwanz der Bauchspeicheldrüse. Die Untersuchung der Faeces und des Mageninhaltes bei Fettnahrung ergab, daß der Zufluß von Pankreassaft in den Verdauungstraktus bei diesem Hunde auch wirklich gänzlich ausblieb.

Die in der Tabelle XLVIII angegebenen parallelen Ziffern, welche den Prozeß der Magenverdauung vor und nach der Ausschaltung des Pankreassaftes wiedergeben, zeigen, daß die Magentätigkeit, wenigstens während einer gewissen Zeit nach der Ausschaltung des Pankreassaftes verbessert und beschleunigt wird.

Tabelle XLVIII.

Nummer der Versuche	Zusammensetzung des Magenbreies: Unkoagulierbare Substanzen (N) in g	koagulierbare Substanzen (N) in % d. Gesamt-N d. Breies	Peptidzahl	Gesamt-N d. Breies in % d. Nahrungs-N
a) Vor der Operation				
1	1,5	62	70	60
2	1,8	53	70	60
3	1,6	60	75	60
4	1,3	68	80	62
Mittelwerte	**1,6**	**60**	**74**	**61**
b) Nach der Pankreasresektion				
5	1,3	66	75	60
6	0,8	50	84	25
7	1,1	48	74	33
8	1,3	35	70	31
9	1,6	30	75	36
Mittelwerte	**1,2**	**41**	**76**	**31**

Nur der Grad der Eiweißspaltung im Magen erwies sich als unverändert (Peptidzahl 74 und 76); alle übrigen Analysenzahlen wiesen Veränderungen auf. Vor der Operation enthielt der Magen (Tabelle a) 2 Stunden nach der Verfütterung von 200 g gemahlenem Fleisch im Durchschnitt 61 % des Zugeführten, nach der Operation aber nur 31 %. Ferner betrug der unlösliche gerinnbare Teil des betreffenden Mageninhalts vor der Operation durchschnittlich 60 %, nach der Operation hin-

gegen nur 41%. Auch die löslichen ungerinnbaren Stickstoffsubstanzen desselben Mageninhaltes erwiesen sich nach der Operation in geringerer Menge (1,2 g), als vor der Operation (1,6 g). Diese Änderungen in der Magenverdauung müssen als kompensatorische angesehen werden.

Jedenfalls kommen diese Änderungen erst nach 10—12 Tagen zum Vorschein. Wenigstens gab der Verdauungsversuch (5), der 7 Tage nach der Operation angestellt wurde, noch dieselben Daten, wie vor der Ausschaltung des Pankreassaftes.

Die kompensatorische Veränderung der Magenverdauung blieb bei diesem Hunde im Verlaufe von 4 Monaten bis zu dem Momente erhalten, von welchem an er die Aufnahme jeglicher Nahrung verweigerte (5—6 Tage vor dem Tode infolge Marasmus).

Die Frage der Spaltung von emulgierten Fetten im Magen kann gegenwärtig als in bedeutendem Maße geklärt angesehen werden. Es unterliegt keinem Zweifel, daß eine derartige Spaltung im Magen auch wirklich stattfindet; an diesem Prozeß beteiligt sich aber sowohl der Magensaft, als auch der hierher gelangende Pankreassaft. Die ganze Frage bezieht sich nur auf die quantitativen Verhältnisse; um sie zu lösen wurde ein Versuch mit Hilfe einer transpylorischen Fistel gemacht. Dieser Weg konnte jedoch keine völlige Aufklärung der hier stattfindenden Verhältnisse bringen und zwar aus dem Grunde, weil das Experiment hier zu künstliche Bedingungen schafft. Daher war es wünschenswert, den Versuch unter Erhaltung möglichst natürlicher Verhältnisse anzustellen. Eine vollständige Ausschaltung des Pankreassaftes aus dem Verdauungstraktus schafft gerade diese Bedingungen.

Der in dieser Richtung angestellte Versuch[30]) wurde an einem Hunde mit ausgeschalteter äußerer Pankreassekretion und außerdem noch an drei Hunden ausgeführt, bei denen diese Sekretion intakt blieb. Sämtliche Hunde trugen eine Magenfistel; sie erhielten entweder Gelb vom Ei oder Emulsion aus Provenceröl mit Brot oder mit Fleisch. Nach Verlauf von verschiedenen Zeiträumen wurden die Reste des Mageninhaltes extrahiert, gleichmäßig vermengt und auf den Spaltungsgrad analysiert. Wie die erhaltenen Ziffern ergeben (Tab. XLIX), bleibt der Grad der Spaltung von analysiertem Fett bei der Ausschaltung des Pankreassaftes auf einer ziemlich konstanten Höhe (nach 2—3 Stunden ca. 6—7%). Der Zufluß von Pankreassaft steigert diesen Spaltungsgrad bis ca. 14—15%. Daraus erhellt erstens, daß der in der Norm in den Magen gelangende Pankreassaft die Spaltung des Eigelbfettes um das Zweifache zu steigern vremag, zweitens, daß man vielleicht diesen Befund ausnützen könnte,

um ein diagnostisches Verfahren der Feststellung der Funktion des Pankreas beim Menschen auszuarbeiten.

Die Versuche mit Olivenölemulsion bestätigen im allgemeinen die angeführten Ergebnisse.

Tabelle XLIX.

Nummer des Versuches	Dauer der Magenverdauung	Grad der Fettspaltung in %		
		Normale Hunde	Pankreassaftloser Hund	Differenz
		a. Eigelb.		
1	3	13	7	6
2	4	15	6	9
3	4	14	6	8
4	4	15	6	9
5	5	14	10	4
		b. Emulsion von Olivenöl mit Fleisch.		
6	3	19	9	10
7	3	16	9	7
		c. Emulsion von Olivenöl mit Brot.		
8	3	16	17	— 1
9	3	18	13	5
10	3	20	17	3

x) Veränderungen der Magentätigkeit nach der Resektion des Dünndarmes.

Um die Frage aufzuklären, in welchem Maße der Magen an der Kompensation des Dünndarmdefektes Anteil nimmt, wurde an demselben Hunde mit einer Magenfistel ein Versuch angestellt, der die Möglichkeit gab, den Gang der Verdauung eines Gemisches von Brot und Milch zu verfolgen (s. Seite 95). Als die betreffende Versuchsreihe beendet war, wurde dem Hunde der Dünndarm reseziert, angefangen 50 cm unterhalb der Plica duodenojejunalis bis zur Stelle, die 50 cm vom Coecum entfernt war. Der Versuch [31]) ergab, daß dieses die maximale Resektion ist, die beim Hunde in einer Sitzung ausgeführt werden kann und die keine Diarrhoeen nach sich zieht. Treten hierbei in den ersten Tagen nach der Operation zuweilen auch Darmstörungen auf, so halten sich dieselben nur einige Tage. Somit ist hier einerseits ein bedeutender Defekt im Dünndarm gesetzt worden, andererseits aber sind diejenigen Komplikationen vermieden, die an und für sich schon, wie z. B. eine Diarrhoe, auf die Magenarbeit Einfluß haben können. Der resezierte Darmteil betrug in seiner Länge 170 cm. 36 Stunden nach der Operation nahm der Hund mit Appetit Nahrung und zeigte auch im weiteren keinerlei Darmstörungen.

Außer den Versuchen mit Brot und Milch wurde am selben Hunde die Verdauung größerer Fleischstücke (5 Stücke zu 40 gr.) verfolgt. Sämtliche Versuche wurden im Laufe von zwei Monaten nach der Operation wiederholt.

Die dabei erzielten parallelen Ziffernbefunde zeigen, wie dieses aus der beiliegenden Tabelle L zu ersehen ist, daß die Magentätigkeit unter dem Einfluß der Ausschaltung eines bedeutenden Dünndarmabschnittes merklich verändert wird. Auf Grund der in dieser Richtung bisher ausgeführten Versuche äußern sich diese Veränderungen im Folgenden.

Tabelle L.

Verdauungsstunde	Menge des Magenbreies g		Azidität $\frac{n}{10}$ ccm g		Stickstoff löslicher Substanzen g		Stickstoff unlöslicher Substanzen g		Kohlehydrate lösliche g		Kohlehydrate unlösliche g		Fette g	
	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.
1	605	750	250	300	1,22	1,39	3,55	3,80	17,83	23,30	68,47	80,74	12,86	18,42
2	565	775	250	400	1,09	1,90	2,22	2,25	13,18	27,52	57,11	59,00	8,87	13,57
3	310	590	200	400	1,19	1,34	0,78	2,15	7,86	17,41	50,85	57,04		10,30
4	300	670	250	450	1,08	1,70	0,70	2,16	3,18	18,74	35,89	52,92	3,58	8,73
5	151	406	150	400	0,51	1,75	0,26	0,42	1,29	6,02	20,70	36,97	—	9,41
6	153	272	150	200	0,69	1,03	0,22	1,73	1,65	14,37	15,94	40,48	3,44	8,73

Der Prozeß der Magensaftabsonderung wird augenscheinlich gesteigert; jedenfalls erscheint in jedem gegebenen Moment der Verdauung die Azidität des Mageninhaltes ungefähr um das doppelte vergrößert im Vergleich zu dem, was vor der Resektion der Fall war (ceteris paribus); gleichzeitig damit wird die Entleerung des Magens verlangsamt. Vergleicht man alle Ziffern, die sich sowohl auf die stickstoffhaltigen Substanzen, als auch auf die Kohlehydrate und Fette beziehen, so erweist es sich, daß die Magenverdauung nach der Resektion im Vergleich zur Norm um 2 Stunden verzögert wird. Mit anderen Worten: in jedem gegebenen späteren Moment enthält der Mageninhalt nach der Resektion diejenigen Bestandteile, die er vor der Operation 2 Stunden früher aufwies. Man könnte erwarten, daß bei Vergrößerung des Gehaltes an Magensaft und bei gleichzeitiger Verlangsamung der Evakuation, die Nahrungskomponenten des Mageninhaltes sich in einem mehr verdautem Zustande befinden müßten, als es vor der Darmresektion der Fall war. In der Tat sehen wir gerade das Gegenteil. In jedem gegebenen Moment enthält der Mageninhalt viel mehr unverdaute Reste von Stickstoffsubstanzen und Kohlehydraten als vor der Resektion. Es ist ja selbstverständlich möglich, daß diejenige Masse, welche in den Darm übergeht, mehr ver-

daute Bestandteile enthält, als in der Norm. Darüber wird man jedoch nur dann ein Urteil fällen können, wenn zu diesem Zwecke Spezialversuche am Hunde mit einer transpylorischen Fistel angestellt werden.

Versuche mit großen Fleischstücken (5 Stück zu 40 g) gaben analoge Resultate. Statt 50% nach 3 Stunden und 30% nach 5 Stunden vor der Operation, wurden nach der Operation 60% und 40% aus dem Magen zurückerhalten.

Die Zeit hat einigermaßen die beschriebenen Veränderungen ausgeglichen. Acht Monate nach der Operation wurden dieselben Versuche wiederholt und es stellte sich heraus, daß die Magenverdauung bei weitem nicht ganz zur Norm zurückkehrte.

ν) Die Bedeutung der Anomalien im Bestande des Mageninhaltes.

Der normale Verlauf der Magenverdauung wird bei Eiweißnahrung, für welche diese Phase des Abbaues von wesentlicher Bedeutung ist, durch die beständig wechselnde Zusammensetzung des Verdauungsmediums reguliert. Der ausgeschiedene Magensaft führt das Nahrungseiweiß allmählich in Lösung über, welche portionenweise in den Darm übergeführt wird, wobei sie einen Teil des unverdauten Materials mit sich reißt. Der Verlauf der Magenverdauung hängt somit einerseits von der Qualität und Quantität des ausgeschiedenen Magensaftes sowie von der Bildung der Verdauungsprodukte ab.

Unter pathologischen Bedingungen können sämtliche Faktoren der Magenverdauung abgeändert werden. Es entsteht daher die Frage, wie diese Veränderungen die Arbeit des Magens beeinflussen. Da die experimentelle Methodik zur Zeit keine Mittel besitzt, um auf die genannten Seiten des Prozesses durch eine direkte Beeinflussung des anatomisch-physiologischen Zustandes des Magens einzuwirken, so ist man genötigt, auf dieselben durch die Nahrung einzuwirken. Ausgehend von diesen Betrachtungen wurde daher an einem Hunde mit einer Magenfistel die Reihe der folgenden Versuche angestellt. Als Nahrungsmaterial diente fein zerriebenes, getrocknetes Fleisch, das vorher von den Extraktivsubstanzen durch wiederholtes Auskochen befreit worden war. Zu einer gewissen Gewichtsquantität wurde entweder Wasser oder Salzsäurelösung, oder Sodalösung, oder natürlicher Magensaft, oder Pepsin Witte, oder endlich Produkte des im Magen verdauten oben angegebenen Pulvers zugesetzt. Diese Produkte wurden folgendermaßen erhalten: Hunden mit einer Magenfistel wurde das Fleischpulver eingegeben, nach Verlauf von 2 Stunden aus der Fistel der Mageninhalt entleert, durch Soda, die mit Essigsäure leicht angesäuert war, neutralisiert, gekocht

und filtriert; das Filtrat wurde im Wasserbade eingedampft, im Exsikkator getrocknet und zu einem Pulver verrieben.

Der Versuchshund[28]) wurde nach der Nahrungseingabe, die derselbe ungeachtet der Zusammensetzung mit unveränderlicher Gier verschlang, für 2 Stunden im Gestell gelassen, worauf der Mageninhalt entleert und in gewöhnlicher Weise auf den allgemeinen Säurebestand, den Stickstoff der koagulierbaren und nicht koagulierbaren Substanzen analysiert wurde.

Aus den in der Tabelle LI dargestellten Resultaten ist es statthaft, folgende Schlüsse zu ziehen.

Tabelle LI.

Versuchs-nummer	Menge des verfütterten Fleischpulvers	Zusatz		Säuregehalt	*N* unkoagulierbarer Substanzen des Magenbreies	*N* koagulierbarer Substanzen des Magenbreies	Gesamt-*N*
	g	g resp. ccm		$\frac{n}{10}$ ccm	g	% des Gesamt-*N*	% des zugeführten
1	40	—		85	0,233	90	45
2	40	—		83	0,404	86	53
3	40	—		70	0,106	90	41
4	33	7 g	Magenverdauungs-produkte	90	0,799	78	71
5	25	15 „		78	0,512	72	39
6	25	15 „		93	0,919	67	58
7	20	20 „		77	1,310	61	72
8	10	30 „		110	1,390	—	64
9	10	30 „		110	1,850	35	64
10	40	50 $\frac{n}{10}$ ccm	Salzsäurelösung	90	0,799	78	71
11	40	50 $\frac{n}{5}$ „		147	0,952	61	78
12	40	50 $\frac{n}{5}$ „		153	0,567	80	80
13	40	50 $\frac{n}{5}$ ccm	Sodalösung	30	0,704	84	85
14	40	100 $\frac{n}{5}$ „		6	0,337	90	83
15	40	100 $\frac{n}{5}$ „		6	0,337	92	83
16	40	½ g	Pepsin Witte	110	0,619	82	72
17	40	1 „		101	0,798	79	75
18	40	50 ccm	Hunde-magen-saft	63	0,465	82	49
19	40	100 „		140	0,798	79	75

1. Der Ersatz eines mehr oder weniger beträchtlichen Teiles (von 18%—75%) des unlöslichen Fleischpulvers durch Produkte seiner Ver-

dauung im Magen bewirkt keine beschleunigte Entleerung des Magens. Zwei Stunden nach der Fütterung zeigen sich im Mageninhalte um so mehr Verdauungsprodukte, je mehr solche eingegeben wurden. Dieses Verhalten entzieht gewissermaßen der Annahme die Grundlage, daß der Verlauf der normalen Magenentleerung im Zusammenhang steht mit der Anhäufung von Verdauungsprodukten.

2. Ein Überfluß von Säuren im Mageninhalt (Hyperazidität) übte bei diesem Hunde eine scharf hemmende Einwirkung auf die Magenentleerung aus, obgleich die Verdauung hierbei gut von statten ging. Daß es sich in diesem Falle um eine Hemmung der Magenentleerung handelt, ist aus dem Umstande leicht zu ersehen, daß am Ende der zweiten Stunde der Verdauung im Mageninhalt ceteris paribus statt der normalen 0,106—0,404 g Stickstoff 0,567—0,952 g enthalten sind. Daraus ist der Schluß statthaft, daß der Verlauf der normalen Magenentleerung im Zusammenhang steht, außer mit der Masse der festen Substanzen, mit der Quantität und Konzentration der Salzsäure des Inhalts.

3. Aus den angeführten Befunden der Tabelle ist es überhaupt ersichtlich, daß die Vermehrung irgend eines Bestandteiles des Magensaftes (Salzsäure, Pepsin) oder des Saftes in toto bei diesem Hunde zu einer gewissen Herabsetzung der Magenarbeit führt. Es ist möglich, daß die Beigabe von Salzsäure, Soda, Pepsin u. s. w. zur Nahrung unter anderen Bedingungen sowohl hinsichtlich der Nahrung als auch der anatomisch-physiologischen Bedingungen des Verdauungsapparates eine andere Wirkung offenbarten als bei den hier gegebenen. Darauf kommen wir noch später zurück.

λ) Blutverarmung.

Von allgemein pathologischer Bedeutung sind die Blutverarmungsversuche.

An einem Magenfistelhund [32]) wurde folgender Versuch ausgeführt. Durch Kontrollversuche unter Verfütterung von 150 g zermahlenen, ausgekochten und vom Infusum abfiltrierten Fleisches ist festgestellt worden, wie der Magen seine Tätigkeit entfaltet. Der Hund wurde an einem und demselben Tage dreimal gefüttert, und der Speisebrei nach verschiedenen Zeitintervallen (3, 2 und 1 Stunde) entleert. Dann wurde $^1/_3$ der berechneten Blutmenge entnommen und sofort dieselbe Versuchsreihe ausgeführt. Dasselbe wurde nach 1, 2, 4 und 7 Tagen wiederholt. Nachdem der Hund sich vollkommen erholt hatte, wurde ein zweiter Aderlaß unter gleichzeitiger subkutaner Chlornatriumeinspritzung (physiologische Lösung) gemacht und eine zweite Versuchsserie ausgeführt. Die gewonnenen Resultate ersicht man aus folgenden Zahlenreihen:

Tabelle LII.

Dauer des Versuches in Stunden	Nahrungs-N in g	Mageninhalts-N in g	Mageninhalts-N in %	N der löslichen Produkte des Magenbreies in % zu dessen Gesamt-N
		Kontrollversuche.		
3	4,06	0,149	4	—
2	4,06	0,485	12	—
1	4,06	0,778	19	75
3	5,19	0,506	10	—
2	5,19	1,189	23	84
1	5,19	1,968	38	36
		Aderlaß.		
		a) sofort		
3	5,19	4,373	84	3
3	5,19	2,264	44	15
		b) am 2. Tage		
3	5,19	0,527	10	53
2	5,19	0,751	15	38
1	5,19	3,607	70	19
		c) am 3. Tage		
3	5,19	0,316	6	—
		d) am 5. Tage		
3	4,16	0,378	9	—
2	4,16	0,715	20	—
1	4,16	1,571	38	44
		e) am 8. Tage		
3	4,16	0,434	11	—
1	4,16	1,510	36	29
		Aderlaß mit gleichzeitiger Sujektion von Kochsalzlösung		
		a) sofort		
3	5,33	2,332	44	35
2	5.33	1,254	24	34
1	5,33	3,488	66	21
		b) am 2. Tage		
3	5,33	1,307	25	26
2	5,33	1,194	22	47
1	5,33	3,355	63	15

Der Verlust von ungefähr $^1/_3$ der Gesamtmenge des Blutes führt unmittelbar zur vollständigen Unterbrechung der Magentätigkeit in den ersten 2–3 Stunden. Bald aber erholt sich der Magen, so daß die nach 3 Stunden zugeführte Nahrung ziemlich rasch zur Verdauung kommt. Das Versagen der Magenverdauung unmittelbar nach dem Aderlaß steht nicht mit der Blutverarmung allein im Zusammenhange, sondern in bedeutendem Grade auch mit der Blutdrucksenkung, da die Ein-

spritzung von Kochsalzlösung unmittelbar nach dem Aderlaß die Folgen desselben bedeutend mildert.

Die anormale Verdauung nach der Blutentnahme ist als Folge der entstehenden Sekretions- und Motilitätsstörungen anzusehen. Versuche,[5]) deren Gesamtergebnisse in beifolgender Tabelle zusammengestellt sind, haben gezeigt, daß die Magensekretion in den ersten 2 Tagen nach dem Blutverlust später einsetzt, langsamer vor sich geht und spärlicher ist,

Tabelle LIII.

Zugeführt	Beginn der Exkretion nach der Verfütterung in Minuten	Dauer der Magenentleerung	Menge des entleerten Breies in ccm
	Hund No. 1.		
	Kontrollversuche.		
150 ccm einer Lösung von Magenverdauungsprodukten bei Fleischfütterung	— (Die Darmrückwirkung mittelst Einspritzungen in sämtlichen Versuchen aufrecht erhalten)	—	155
„	—	—	190
	Blutentziehung.		
	a) sofort.		
„	—	—	30
	b) am 2ten Tage.		
„	—	—	20
	c) am 8ten Tage.		
„	—	—	120
	Hund No. 2.		
	Kontrollversuche.		
50 g Fleisch	4	4h30′	303
„	1	4h20′	287
„	2	4h	284
	Blutentziehung.		
	a) sofort.		
„	17	10h30′	151
	b) am 2ten Tage.		
„	17	2h40′	139
	c) am 5ten Tage.		
„	2	4h15′	411
	Hündin No. 3.		
	Kontrollversuche.		
50 g Fleisch	20	5h50′	388
„	20	5h45′	444
	Blutentziehung.		
	a) sofort.		
„	75	7h10′	290
	b) am 2ten Tage.		
„	8	5h	301

als in der Norm. Die Verdauungsperiode wird bedeutend verzögert. Es handelt sich um drei Hunde mit transpylorischen Fisteln. Unter diesen war No. 3 eine Hündin. An mehreren Versuchen ist festgestellt worden, daß Hündinnen unter Blutverlust ceteris paribus viel weniger an Verdauungsstörungen leiden als Hunde.

3. Darmchymologie.

Unter normalen Verhältnissen ist die Verdauungsarbeit eines jeden einzelnen Abschnittes des Magendarmtraktus von der Arbeit des zentral gelegenen Abschnittes direkt abhängig; je nachdem, was einem bestimmten Abschnitte zugeführt wird, wird die Arbeit desselben mehr oder weniger angeregt und in einer entsprechenden Richtung gelenkt. Für den ganzen Verdauungstraktus rührt die Direktive vom Magen her. Was den Darmtraktus anbelangt, so entspricht seiner anatomischen Einteilung die physiologische. Das Duodenum, wie auch das Jejunum und Ileum haben ihre spezielle Aufgabe im Verdauungsprozesse. Um so mehr wird es deshalb angebracht sein, die Funktion eines jeden dieser Abschnitte einzeln zu beschreiben.

Graphische Registrierung der Darmbewegungen während der Verdauung.

Einem Hunde [35]) werden mehrere Darmfisteln an verschiedenen Stellen angelegt. Nach völliger Wiederherstellung von den Operationseingriffen wird der Hund in das Gestell gebracht, und in die eine oder andere Fistelkanüle ein genügend elastischer, dünnwandiger Ballon eingeführt. Die Konstruktion des Ballons ist dieselbe wie oben geschildert (S. 39). Die Aufblähungsröhre des Ballonapparates wird mit einem graphischen Registrierungsapparat vereinigt. Der Ballon stellt der Bewegung der Ingesta kein merkbares Hindernis entgegen.

Aus der beiliegenden Reihe von Kurven ist leicht zu ersehen, wie die Darmbewegungen sich bei dem angewandten Verfahren unter verschiedenen Bedingungen verhalten. [Kurventafel siehe nächste Seite].

Ausführlichere Untersuchungen an der Hand dieser Methode sind noch zu erwarten.

Erklärung der Kurven.

1. Duodenum. Hungerzustand.
2. „ Fleischverdauung.
3. „ Brotverdauung.
4. „ Fettverdauung.
5. Jejunum. Hungerzustand.
6. Ileum. Hungerzustand.
7. „ Einspritzung von kaltem Wasser (10° C); nach 10 Min.

8. Ileum. Derselbe Versuch nach 25 Minuten.
9. „ Opiumeinnahme per os; nach 1 Stunde.
10. „ Einnahme von ol. ricini (nach 5 Stunden).
11. Colon. Hungerzustand.



1.



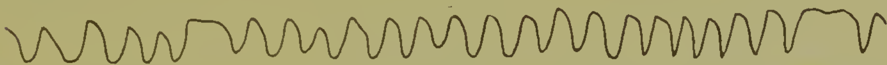
2.



3.



4.



5.



6.



7.



8.



9.



10.



11.

Kurventafel.

Das Duodenum.

1. Die chymologische Stellung des Duodenums.

Bekanntlich kommen im Duodenum die am meisten komplizierten Verdauungsprozesse zu Stande. Einerseits nimmt das Duodenum unmittelbar den Mageninhalt in sich auf, andererseits wird in dasselbe das Sekret des Pankreas und der Leber ergossen; dieser komplizierten Mischung wird das Sekret der Brunner'schen und Lieberkühn'schen Drüsen beigemengt, welche sich ja auch in der Wand des Duodenum befinden; die Nahrungssubstanzen, welche aus dem Magen in das Duodenum übergehen, erscheinen bis zu einem gewissen Grade schon gespalten, teilweise sind sie aber ganz unberührt — die einen wie auch die anderen verbleiben eine gewisse Zeit im Duodenum und unterliegen der Einwirkung verschiedener Sekrete, wobei einzelne Spaltungsprodukte daselbst resorbiert werden. Da der Verlauf aller dieser komplizierten und verschiedenartigen Prozesse nebeneinander auf einer kleinen Fläche und mit verhältnismässig großer Schnelligkeit vor sich geht, so war die Analyse ihrer gegenseitigen qualitativen und quantitativen Verhältnisse erst möglich, nachdem zahlreiche fragmentäre Untersuchungen angestellt worden waren.

Als direktes Agens der Magenverdauung gilt, wie aus dem früheren Kapitel hervorgeht, die Masse der zugeführten Nahrungssubstanz. Dieses Hauptagens behält seine direktive Wirkung auch für die Prozesse, welche sich im Duodenum abspielen, — hier aber hauptsächlich durch vermittelnde Faktoren. Als vermittelndes Agens kommt in Betracht vor allem der Magensaft, d. h. die Salzsäure und die Spaltungsprodukte einzeln und miteinander kombiniert.

2. Sekretionsverhältnisse.

Auslösung der Duodenalsäfte durch den Magensaft.

Nicht selten wird in das Duodenum reiner Magensaft befördert. Erstens sezerniert der leere Magen periodisch seinen Saft; bei reiner Kohlehydrat- oder Fettkost und auch bei eiweißhaltiger Nahrung wird ebenfalls zeitweilig reiner Magensaft ins Duodenum sezerniert.

Der in den Darm gelangte Magensaft ruft bekanntlich eine Absonderung von Galle und Pankreassaft hervor, was hauptsächlich der Salzsäurewirkung zuzuschreiben ist. Die zufließenden alkalischen Duodenalsäfte neutralisieren die Salzsäure des Magensaftes und vermindern dabei die Konzentration des wirksamen Agens.

Zur Erläuterung der dabei auftretenden Verhältnisse wurden vor allem Versuche [36]) am „polychymotischen" Hunde angestellt, bei welchem der erste Pankreasgang unterbunden war. Ein solcher Hund liefert durch die orale Kanülenhälfte Galle und durch die anale Hälfte Pankreassaft. Dem Hunde wurden steigende Mengen reinen bei Scheinfütterung gewonnenen Magensaftes in den Darm eingeführt. Die Gesamtmenge der eingeführten Flüssigkeit war in jedem Versuch gleich 100 ccm; die Dauer der Einspritzung war stets 10 Minuten; in einzelnen Versuchen variierte nur die Menge resp. die Konzentration des Magensaftes in destilliertem Wasser. Die gewonnenen Duodenalsäfte — Galle und Pankreassaft — wurden gemessen und mit der im Versuche benutzten Magensaftlösung titriert.

Die gewonnenen Zahlen sind aus den beifolgenden Tabellen zu ersehen.

Tabelle LIV.

I.

Menge (ccm) des Magensaftes in 100 ccm Versuchslösung	Menge des gewonnenen Pankreassaftes in ccm		
	beob.	ber.	Diff.
10	16	18	—2
20	26	26	0
30	37	31	+6
40	39,5	36	+3,5
50	43	40	+3
60	44	44	0
70	47	47	0
80	48	51	—3
90	50	54	—4

II.

Menge (ccm) des Magensaftes in 100 ccm Versuchslösung	Verbrauchte Magensaftlösungsmenge zur Neutralisation von 1 ccm Pankreassaft		
	beob.	ber.	Diff.
10	7,6	9,0	—1,4
20	4,5	4,5	0
30	2,8	3,0	—0,2
40	2,5	2,3	+0,2
50	1,8	1,8	0
60	1,5	1,5	0
70	1,3	1,3	0
80	1,1	1,1	0
90	0,8	1,0	—0,2

III.

Menge (ccm) des Pankreassaftes in 100 ccm Versuchslösung	Menge der zugeführten Magensaftlösung, welche durch die Galle samt Pankreassaft neutralisiert werden konnte		
	beob.	ber.	Diff.
20	127	127	0
30	117	110	+7
40	102	95	+7
50	88	85	+3
60	70	77	−7
70	70	72	−2
80	62	67	−5
90	58	63	−5

Die 1. Tabelle zeigt, daß das Auslösen des Pankreassaftes (x) durch den reinen Magensaft (M) sich nach der Formel

$$x = k\sqrt{M}$$

vollzieht; k = 5,71.

Aus der 2. Tabelle leuchtet es ein, daß die Alkaleszenz (x_1) des Pankreassaftes umgekehrt proportional ist der auslösenden Magensaftkonzentration $\frac{M}{100}$; k = 1,1.

$$x_1 = \frac{100}{kM}.$$

Die 3. Tabelle lehrt uns, daß der Gesamtgehalt des Alkalis (x_2) in den Duodenalsäften umgekehrt proportional ist der Quadratwurzel aus der Magensaftkonzentration (M); k = 600.

$$x_2 = k\frac{1}{\sqrt{M}}.$$

Die Auslösung der Duodenalsäfte durch den Magensaft wird also nach ganz einfachen Gesetzen geregelt.

Bei der Verdauung des Nahrungseiweißes geht die Salzsäure des Magensaftes in das Duodenum in gebundenem Zustande über, mit Ausnahme eines ganz geringen Teiles, welcher frei bleiben kann. Es war nämlich interessant zu verfolgen, wie sich unter diesen natürlichen Bedingungen das gegenseitige quantitative Verhältnis zwischen den Magenausscheidungen und den Duodenalsäften einstellt. Zu diesem Zwecke wurde eine Reihe von Experimenten wie im vorigen Falle ausgeführt; nur war beim Hunde der 1. Pankreasgang nicht unterbunden, um nach Möglichkeit die normalen Verhältnisse zu erhalten. Der Hund bekam per os Schabfleisch in steigenden Mengen, 12,5 g — 25 g — 50 g — 100 g. Der entleerte Magenbrei wurde in verschiedenen Intervallen je nach der Ausscheidungs-

geschwindigkeit ins Duodenum befördert. Enthielt der Magenbrei gröbere Fleischstückchen, so wurden letztere vor der Einführung durch ein feines Sieb gelassen. Die einzelnen Magenbrei- resp. Säfteportionen aus der ersten und zweiten Papille wurden vor dem Zusammengießen zwecks weiterer Beförderung gemessen und nach Entnahme kleiner Analysenproben (Säuregehalt, N-Gehalt) vermischt und in den Darm langsam in gleichmäßigen Portionen eingeführt.

In einem besonderen Versuche wurde festgestellt, daß in den Magensaft eingebrachtes und im Brutschranke während 10—12 Stunden verdautes Fleisch das Volumen der Flüssigkeit bis auf 0,9 ccm pro 1 g Fleisch steigert. Aus diesem Grunde war es möglich, mit einer gewissen Genauigkeit den Gehalt des Magensaftes im ausgeschiedenen Magenbrei zu bestimmen. Die beigemengten Speichelmengen sind selbstverständlich zu gering, um die Berechnungen beeinflussen zu können.

Folgende Tabellen[7]) zeigen, daß auch unter den gegebenen Bedingungen, wo die normalen Verhältnisse möglichst erhalten wurden, dieselbe Quadratwurzelregel sich bewährt hat, und zwar ist die Menge der gesamten Duodenalsäfte (x) der Quadratwurzel aus der Magensaftmenge (M) proportional (k = 10,5); der Duodenalsäftestickstoff (x_1) wird dabei nach der Quadratwurzelregel dem gegebenen Fleischstickstoff angepaßt (k = 0,5).

Tabelle LV.

I.

Menge des verfütterten Fleisches in g	Menge des ausgeschiedenen Magensaftes in ccm	Menge der gewonnenen Duodenalsäfte (Galle und Pankreassaft samt Spuren von Darmsaft) in ccm		
		beob.	ber.	Diff.
100	356	195	198	—3
50	245	172	164	+8
25	175	142	139	+3
12,5	105	100	108	—8

II.

Menge des Nahrungs-N in einzelnen Versuchen in g	Menge des Duodenalsäfte-N in g		
	beob.	ber.	Diff.
3,087	0,74	0,88	—0,14
1,864	0,62	0,68	—0,06
1,678	0,55	0,65	—0,10
0,854	0,48	0,46	+0,02
0,830	0,48	0,45	+0,03
0,447	0,32	0,33	—0,01
0,422	0,32	0,32	0

Wie erwähnt wurden in dieser Versuchsserie die Säfte aus den beiden Papillen gesondert in einzelnen Portionen, welche den einzelnen Magenbreiinjektionen folgten, aufgefangen. Es wurde nun untersucht, inwieweit die Quadratwurzelregel für die einzeln aufgefangenen Säfteportionen Geltung hat; das Resultat war aber negativ. Das darf natürlich keineswegs verwundern, denn einerseits stellt der Magenbrei ein Gemisch dar, welches während der ganzen Verdauungszeit keine einheitliche Zusammensetzung aufweist; zweitens muß noch in Erwägung gezogen werden, daß die Beförderungsgeschwindigkeit des keineswegs einheitlich zusammengesetzten Magenbreies auf die Sekretion der Duodenalsäfte nicht ohne Einfluß bleiben konnte. Es lag also auf der Hand, die Versuche unter einfacheren Bedingungen vorzunehmen. Zu diesem Zwecke wurden einem polychymotischen Hunde mit nicht unterbundenem ersten Pankreasgang in das Duodenum Gliadinverdauungsprodukte, die aus Magenchymus gewonnen und in verdünntem Magensaft gelöst waren, in verschiedenen Mengen und in variierenden Quantitäten des Lösungsmittels bei konstanter Magensaftmenge (10 ccm) und unter Variierung der Einführungsgeschwindigkeit, eingeführt.[38])

Es erwies sich vor allem, daß Konzentrationsschwankungen der Verdauungsprodukte in den Grenzen zwischen ca. 1—6% (auf wasser- und aschefreie Substanz berechnet) sich an der Menge der sezernierten Duodenalsäfte nicht erkennen lassen; bei Konzentrationen, die 6% übersteigen, steigt die Säftemenge (x) hingegen im Verhältnis der Quadratwurzel der Konzentration (c), wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist:

$$x = k\sqrt{c};\ k = 9{,}6.$$

Tabelle LVI.

Menge der in 100 ccm 10%igem Magensaft gelösten Substanz in g	Menge der gesamten Duodenalsäfte in ccm beob.	ber.	Diff.
8	27	27	0
16	37	38	—1
32	57	54	+3

Ferner ließ sich zeigen, daß ein und dieselbe Substanzmenge, in verschiedenen Wassermengen (w) gelöst, verschiedene Duodenalsaftmengen (x) auslöst, und zwar nach der Quadratwurzelformel $x = k\sqrt{w}$; $k = 2{,}17$

Tabelle LVII.

Menge des Wassers zur Lösung von 8 g Versuchssubstanz in ccm.	Menge der gesamten Duodenalsäfte in ccm beob.	ber.	Diff.
400	43	43	0
300	39	38	+1
200	30	31	—1
100	27	22	+5

Die Beförderungsgeschwindigkeit (t) der Verdauungsprodukte in den Darm übt auch auf die quantitative Absonderung der Duodenalsäfte (M) einen Einfluß aus, der sich wieder aus der Quadratwurzelformel $M = k \sqrt{t}$ berechnen läßt; k = 70.

Tabelle LVIII.

Dauer der Einspritzung von 8 g Gliadinverdauungsprodukte in 100 ccm Magensaftwasser gelöst in Min.	Menge der gesamten Duodenalsäfte in ccm. beob.	ber.	Diff.
10	27	32	—5
20	34	31	+3
30	37	38	—1
50	42	49	—7

Weiterhin hat sich erwiesen, daß nicht nur die Quantität der Duodenalsekrete, sondern auch der Stickstoff derselben nach der Quadratwurzelformel geregelt wird.

Tabelle LIX.

I. Papille. k = 0,38.

Menge der eingeführten Gliadinsubstanz in 100 ccm Magensaftlösung (10%) in g	N-Gehalt der gewonnenen Säfte in % beob.	ber.	Diff.
1	0,38	0,38	0
2	0,42	0,54	—0,12
4	0,90	0,76	+0,14
8	1,07	1,07	0

II. Papille. k = 0,123.

Menge der eingeführten Gliadinsubstanz in 100 ccm Magensaftlösung (10%) in g	N-Gehalt des gewonnenen Saftes in % beob.	ber.	Diff.
1	0,16	0,12	+0,04
2	0,17	0,17	0
4	0,28	0,25	+0,03
8	0,35	0.35	0
16	0,51	0,49	+0,02

Wenn man von der ersten und zweiten Papille spricht, so berücksichtigt man dabei auch die Sekrete aus den anliegenden kleinen akzessorischen Ausführungsgängchen, wenn solche überhaupt vorhanden sind. Die Sekrete werden allerdings in verhältnissmäßig spärlicher Menge ausgeschieden.

Die sauren Verdauungsflüssigkeiten rufen die Pankreassekretion nicht nur im Duodenum, sondern auch im ganzen Jejunum, wie auch im

oberen Teile des Ileum hervor. A priori konnte man erwarten, daß die Reaktion von seiten des Pankreas abnehmen wird, je weiter im Verlaufe des Darmkanales die anregende Flüssigkeit durchzufließen beginnt. Von Interesse war es, aufzuklären, ob die Sache sich so verhält, und beim positiven Ergebnis, ob die Wirkung von seiten des Pankreas nicht mit einer bestimmten Regelmäßigkeit vermindert wird. Die Aufklärung dieser Frage hat schon diejenige physiologische Bedeutung, daß an verschiedenen Stellen des Darmtraktus Produkte auftreten können (z. B. Aminosäuren), welche die Rolle der Erreger der Pankreassekretion spielen.

Es wurden also Versuche[89]) an 3 Hunden angestellt, von denen jeder eine zweikammerige Fistelkanüle zwischen den beiden Papillen im Duodenum trug, einer jedoch außerdem noch eine einfache Fistelkanüle im unteren Ileum, ca. 75 cm vom Coecum entfernt. Der Gang der Versuche, die täglich nur einmal an jedem Hund angestellt wurden, gestaltete sich immer in der Art, daß dem Hunde nach 20stündigem Hungern durch den analwärts gelegenen Teil der zweikammerigen Fistelkanüle in den Darm ein Ballonapparat von bekannter Länge eingeführt und analwärts langsam soweit vorgeschoben wurde, bis der Pfropfen die Fistelkanüle fest abschloß. Nach Aufblähung des Ballons wurde die reizende Substanz langsam im Laufe von 10 Minuten in den Darm eingeführt und an den beiden Kammern der Fistelkanüle die Sekrete der ersten und zweiten Papille zusammen oder getrennt aufgefangen, bis die Eröffnung des Pylorus der Sekretion ein Ende machte. Als Reizsubstanz dienten in allen Versuchen 100 ccm einer 5%igen Lösung von Pepton Witte in Hundemagensaft, der mit der vierfachen Menge Wasser verdünnt und auf ca. 35° C. erwärmt war.

Es stellte sich heraus, wie aus folgender Tabelle zu ersehen ist, daß die Sekretion auslösende Wirkung des Darmes [Menge der Duodenalsäfte und deren Stickstoff (x)] analwärts mit der Quadratwurzel der Länge des tätigen Darmabschnittes (L) in direkter Beziehung steht; $x = k\sqrt{L}$; $k = 3{,}0$ beim Hund No. 1 und 3,07 beim Hund No. 2. Die Länge des auslösungsfähigen Darmabschnittes ist also 192 cm gleich angenommen.

Wie aus allen angeführten Daten hervorgeht, folgt das gegenseitige quantitative Verhältnis zwischen den verschiedenen Sekreten und ihren Erregern der Quadratwurzelregel mit einer Genauigkeit, welche nicht selten ganz unerwartet erschien. Es war natürlich zu erwarten, daß der Organismus die Verdauungssekrete mit der Qualität der zu bearbeitenden Nahrung in Einklang bringt, mit anderen Worten, die Sekrete bringen jedesmal hauptsächlich diejenigen Fermente mit sich, welche dem Verdauungssubstrate entsprechen. Diese Frage erfordert um so mehr

Tabelle LX.

Entfernung des auslösenden Darmabschnittes vom Papillengebiet in cm	Länge des tätigen Darmabschnittes in cm	Menge der Duodenalsäfte in ccm		
		beob.	ber.	Diff.
		Hund No. 1.		
22	170	40	39,1	+0,9
35	157	36	37,6	—1,6
86	136	33,5	34,9	—1,4
93	99	30	29,8	+0,2
122	70	27	25,1	+1,9
156	36	14,5	18,0	—3,5
		Hund No. 2.		
10	182	44	42	+2
17	175	44	41	+3
19	173	40	40	0
35	157	32	38	—6
60	132	30	35	—5
110	82	32	29	+3
123	69	24	26	—2

Der Säftestickstoff folgt ebenfalls der Quadratwurzel aus der wirkenden Darmabschnittlänge, wie folgende Tabelle zeigt; k = 11,21 (Hund No. 1) und 20,6 (Hund No. 2).

Tabelle LXI.

Länge des auslösenden Darmabschnittes in cm	Duodenalstickstoff in g		
	beob.	ber.	Diff.
	Hund No. 1.		
170	0,141	0,145	—0,004
157	0,138	0,140	—0,002
136	0,114	0,131	—0,017
99	0,112	0,112	0
70	0,110	0,094	+0,016
36	0,074	0,067	+0,007
	Hund No. 2.		
182	0,256	0,278	—0,022
175	0,297	0,273	+0,024
173	0,293	0,271	+0,022
157	0,258	0,258	0
132	0,197	0,237	—0,040
82	0,181	0,187	—0,006
69	0,130	0,171	—0,041

gelöst zu werden, da hierüber in der Literatur verschiedene Ansichten herrschen.

Der geeignetste Weg zur Klärung dieser Frage besteht darin, daß man aus dem Chymus, welcher an verschiedenen Teilen des Magen-Darmtraktus bei der Fütterung mit verschiedenartigen Nahrungsmitteln genommen wurde, die in denselben enthaltenen Fermente extrahiert und festzustellen versucht, ob unter den Fermenten diejenigen prävalieren, welche dem Speisesubstrate entsprechen. Aber bei dem jetzigen Stande der physiologisch-chemischen Methodik kann von einer derartigen Untersuchungsweise gar nicht die Rede sein. Das einzige, was man am Chymus feststellen kann, ist, daß man seine im Wasser löslichen Bestandteile abfiltriert und die im Filtrate enthaltenen Fermente feststellt. Nun gehen aber samt den Fermenten verschiedene Verdauungsprodukte in dieses Filtrat über, welche die Fermente an sich binden und gleichzeitig die Wirkung derjenigen Fermente beeinflussen können, welche frei bleiben, ganz abgesehen davon, daß der größte Teil der Fermente in den auf dem Filter zurückgebliebenen Bestandteilen enthalten sein könnte. Folglich besteht der geeignetste und sicherste Weg bei dem jetzigen Stande der Methodik darin, daß man unter den normalen Sekretionsverhältnissen reine Säfte auffängt und die in denselben enthaltenen Fermente bei der Einverleibung verschiedenartiger Nahrungsmittel vergleicht. Selbstverständlich müssen dabei die Säfte nicht nur einzeln, sondern auch in ihren natürlichen Kombinationen untersucht werden.

Nur identische Resultate bei allen diesen verschiedenartigen Experimenten können uns eine strikte Antwort auf die erteilte Frage geben.

3. Die spezifische Anpassung der Verdauungssäfte.

a) Magensaft.

Wie bekannt, enthält der Magensaft, außer dem Pepsin noch eine Lipase. Es wurde nun ein Kleinmagenhund[40]) abwechselnd mit magerem Fleisch (300 g) und mit Fleisch (300 g), dem 30 g Schweinefett zugefügt wurden, gefüttert. Dem bei jedem Versuche gewonnenen Kleinmagensaft wurden 18 ccm entnommen und zur Bestimmung der lipolytischen Kraft nach Volhard-Stade verwendet. Die Dauer der Verdauung des Eiergelbs im Brutschrank betrug 18 Stunden. Zur Kontrolle diente Scheinfütterungsmagensaft, bei dem das Ferment durch Hitze abgetötet wurde. In einem Falle wurde der aktive Scheinfütterungssaft geprüft. Es wurden 7 Versuche angestellt.

Wie folgende Tabelle zeigt, läßt sich bei Fettverfütterung im Kleinmagensaft meistenteils (in 5 Fällen aus 7) ein Anwachsen des lipolytischen Fermentes nicht beobachten.

Tabelle LXII.

in der Kontrollprobe	Grad der Fettspaltung (in %) bei Fleischfütterung	bei Fleisch-Fettfütterung	bei Scheinfütterung
4,1	8,8	4,1	—
3,5	5,7	4,6	—
4,8	5,4	10,9	—
4,8	6,3	6,3	6,5
4,1	5,5	5,3	—
4,1	5,9	5,2	—
4,1	5,5	13,3	—

b) **Pankreassaft.**

Die Versuche wurden an einem „polychymotischen" Hund[37]) mit unterbundenem 1ten Pankreasgang ausgeführt. Es wurden 3 verschiedene Reihen von Versuchen angestellt. In allen Versuchsserien kamen dieselben Substanzen, in denselben Konzentrationen, aber in verschiedenen Mengenverhältnissen, zur Anwendung. Die Flüssigkeiten wurden mit mäßiger Geschwindigkeit (je $^1/_2$ Minute 1 ccm) in den Darm eingeführt und die darauf sezernierten Verdauungssäfte aufgefangen. Als Versuchsflüssigkeiten benutzte man: 1. eine $6^0/_0$-ige Lösung von Darmgliadinverdauungsprodukten; 2. eine $7{,}5\,^0/_0$-ige Lösung von Amylodextrin, Erythrodextrin und Traubenzucker zu gleichen Teilen ($2{,}5\,^0/_0$); 3. eine Emulsion von je 1 g Triolein, Oleinsäure und Natrium oleinicum in 100 ccm Wasser. In der ersten Versuchsreihe wurden von diesen Flüssigkeiten je 200 ccm in den Darm eingeführt; in der zweiten je 50 ccm und in der dritten je 100 ccm. Vor dem Beginn der Injectionen wurde der Hund einige Zeit ruhig im Gestell stehen gelassen und der sich selbständig ausscheidende Pankreassaft aufgefangen. In der ersten Versuchsserie erhielt der Hund die drei Flüssigkeiten gesondert an verschiedenen Tagen injiziert; die aufgefangenen Säfte, Galle und Pankreassaft, wurden nach Entnahme von Proben zur N-Bestimmung rasch bei gewöhnlicher Temperatur auf flachen Tellern im Ventilationsschrank getrocknet und dann im Exsikkator in vacuo bis zum konstanten Gewicht gebracht. Der Trockensubstanz wurden dann bestimmte Teile entnommen und in entsprechender Menge Wasser bis zum ursprünglichen Volumen gelöst. In der 2. und 3. Versuchsserie wurden die einzelnen Einspritzungen unmittelbar nacheinander vorgenommen und die gewonnenen Säfte im frischen Zustande für die Fermentprüfungen verwendet. Die beiden Versuchsserien ergänzen sich. Die erste Versuchsanordnung hat den Vorzug, daß jede einzelne Versuchssubstanz stets am gut ausgeruhten Hund geprüft wurde, anderseits mußten aber die Säfte zwecks besserer Kon-

servierung getrocknet und später durch Lösen in Wasser wieder hergestellt werden. Bei der zweiten Versuchsanordnung wurde das Eintrocknen vermieden, die kurz aufeinander folgende Einführung der verschiedenartigen Lösungen legte aber die Vermutung nahe, daß die Wirkungen der 2. und 3. Einspritzung gewissermaßen modifiziert werden. Um diesem Einwand vorzubeugen, wurde in den beiden letzten Versuchsreihen die Reihenfolge gewechselt: in der 2. Versuchsreihe folgten nacheinander Gliadinverdauungsprodukte, Kohlehydrate und Fettsubstanzen und in der 3. Kohlehydrate, Gliadinverdauungsprodukte und Fettsubstanzen.

Die Prüfung auf den Gehalt an verschiedenen Fermenten geschah in folgender Weise. Jeder Portion Pankreassaft wurden 18 ccm im 1. Versuch, 12 ccm im 2. und 16 ccm im 3. entnommen und zu gleichen Teilen in die Reagensgläser verteilt. Für die Bestimmung der eiweißspaltenden Energie wurde eine trübe mit HCl neutralisierte Eiereiweißlösung (1 ccm Hühnereiweiß auf 5 Teile Wasser) verwendet. 10 ccm dieser Lösung wurden mit dem Pankreassaft vermischt und in den Brutschrank bei 37° C. gestellt. Nach 18—24 Stunden wurde der formoltitrierbare Stickstoff bestimmt und dessen Prozentgehalt zum Gesamtstickstoff berechnet. Zur Bestimmung der amylolytischen Kraft diente eine 2%-ige Amylodextrinlösung. Die Befunde, welche in der Tabelle angegeben sind, bedeuten den Prozentgehalt der Verdauungsflüssigkeit an abgespaltenem Zucker nach einer $^1/_4$-stündigen Fermenteinwirkung. Die Lipase wurde nach Volhard-Stade bestimmt.

Außerdem wurden in den Säften, falls genügendes Material zur Verfügung stand, die Trockensubstanz und die Asche bestimmt.

Die gewonnenen Resultate sind in der nachfolgenden Tabelle LXIII wiedergegeben.

c) Darmsaft.

Zu dem Studium der spezifischen Anpassung des Darmsaftes[41]) wurden 4 Versuche an einem Resorptionshund angestellt. Die Versuche bestanden darin, daß dem Hunde durch die anale Hälfte der zweikammerigen Kanüle verschiedene Lösungen eingeführt wurden, der unresorbiert gebliebene Teil der letzteren aus der Jejunumfistel aufgefangen und der durch die Ableitungsröhre ausgeschiedene Darmsaft gesammelt wurde. In jedem Versuche wurde die nächstfolgende Einspritzung erst nach völliger Sistierung der Fistelsekretionen vorgenommen. Die Dauer der Einspritzungen war in allen Versuchen stets die gleiche: je 1 Minute 5 ccm. Die bei jedem Versuche aufgefangenen Säfte wurden zusammen-

Tabelle LXIII.

Gewonnene Duodenalsäfte.

In den Darm eingeführte Substanzen	Menge in ccm		Stickstoff in %		Trockensubstanz in %		Asche in %		Verdauungsenergie gegen in %		
	Galle	Pankreass.	Galle	Pankreass.	Galle	Pankreass.	Galle	Pankreass.	Eiweiß	Stärke	Fett
eiweiß-artige	23,0	29,8	0,46	0,36	13,3	2,7	0,95	—	44	14	16
kohle-hydrat-artige	5,2	30,0	0,52	0,42	13,8	3,1	1,26	0,84	49	—	16
fett-artige	35,0	61,0	0,43	0,36	12,3	2,9	1,34	0,79	42	5,9	15
keine	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
eiweiß-artige	3,0	13,0	—	—	—	—	—	—	51	70	18
kohle-hydrat-artige	Spuren	22,0	—	—	—	—	—	—	47	59	17
fett-artige	7,0	21,0	—	—	—	—	—	—	55	65	14
keine	—	—	—	—	—	—	—	—	40	29	15
eiweiß-artige	12,0	42,0	—	0,27	—	1,9	—	0,76	60	44	22
kohle-hydrat-artige	Spuren	32,0	—	0,28	—	1,9	—	0,81	56	45	19
fett-artige	19,0	31,0	—	0,27	—	2,0	—	0,79	56	58	22
keine	—	31,0	—	—	—	—	—	—	57	50	21

gemischt und zwecks Konservierung im Ventilationsschrank bei gewöhnlicher Temperatur eingetrocknet. Nach Beendigung des letzten Versuches wurden durch destilliertes Wasser die anfänglichen Volumina hergestellt und in den gleichen Saftmengen die Fermentkraft bestimmt. Zur Abschätzung des Erepsingehaltes wurde eine 2%-ige Peptonlösung gebraucht, wobei der Grad des Abbaues an formoltitrierbarem *N* bestimmt wurde (nach 4-tägigem Stehen von 10 ccm Peptonlösung mit 0,5 ccm Darmsaft im Brutschrank); die amylolytische Wirkung nach der Zuckerabspaltung und nach Wohlgemuth, die fettspaltende Wirkung nach Volhard-Stade und mittels Monobutyrin (0,5 ccm Darmsaft pro 5 ccm 1%-iger Lösung im Brutschrank für 2 Tage).

Die gewonnenen Zahlen sind aus folgender Zusammenstellung (Tab. LXIV) zu ersehen:

Tabelle LXIV.

In den Darm eingeführte Substanzen	Menge in ccm	Gewonnener Darmsaft. Verdauungskraft bei Einwirkung auf Pepton in % des Amid-N	lösliche Stärke in % der reduzierenden Substanzen	lösliche Stärke nach Wohlgemuth	Fett in % Monobutyrin	der abgespaltenen Fettsäure Eiergelb
a) Fettsubstanzen (100 ccm einer 2%-igen Lösung resp. Emulsion).						
Oleinsaures Natrium	4,7					
Oleinsäure	8,0	17	11	18	1	0,7
Triolein	5,5					
b) Eiweißsubstanzen (95 ccm einer 2%-igen Lösung).						
Gliadinalbumose	5,0					
Pepton Roche	1,7	29	7	13	0	0
Verdautes Casein (Darm)	1,8					
Tiefabgebautes Casein	6,8					
c) Kohlehydratsubstanzen (100 ccm einer 5%-igen Lösung).						
Traubenzucker	0,3					
Milchzucker	4,3					
Mannose	1,2					
Erythrodextrin	4,3	29	12	20	2,0	0,2
Amylodextrin	0,1					
Stärkeemulsion	0,2					

d) **Natürliches Säftegemisch.**

Die Versuche[43]) wurden an einem Hunde mit 2 Fisteln ausgeführt. Eine Fistel war am Magen und eine andere am Jejunum, 75 cm weit vom Pylorus angelegt, aus der Jejunumfistel wurde eine Portion Chymus während der Verdauung von gemischter Speise (Fleisch, Stärke und Schweinefett) gewonnen und auf dem Wasserbade eingetrocknet. In einem Versuche wurden 10 g dieser Trockensubstanz in Wasser aufgeschwemmt und durch die Einleitungsröhre des Ballonapparates in den Darm eingeführt, eine andere 10 g betragende Probe im Soxhletapparat völlig entfettet,

die entfettete Substanz in Wasser aufgeschwemmt und in den Darm eingeführt, die extrahierten Fettsubstanzen zu gleichmäßiger Emulsion verrieben und in einem anderen Versuch in den Darm eingeführt. Noch eine dritte Portion (10 g) wurde mit kochendem Wasser völlig extrahiert. Die wasserlöslichen und die wasserunlöslichen Substanzen wurden in einzelnen Versuchen in den Darm gebracht. In allen Versuchen wurde die Einleitungsflüssigkeit bis zu 200 ccm aufgefüllt. Die Einleitung wurde stets in demselben Tempo ausgeführt: 5 ccm pro 1 Min.

Das Säftegemisch wurde aus der Jejunumfistel (Ableitungsrohr) in einer Entfernung von ca. 70 cm von seiner Eintrittsstelle in den Darm aufgenommen.

Die Versuchsordnung war folgende: In die Magenkanüle wurde ein Pfropfen mit einer Ableitungsröhre eingestellt. Durch diese Röhre floß der Magensaft ab. Das war aus zwei Gründen nötig: erstens hätte der Magensaft die Duodenalsäfte verunreinigen können und zweitens würde der reine Magensaft für sich eine Sekretion der Duodenalsäfte ausgelöst und auf diese Weise die Resultate der Einspritzungen gewissermaßen verdeckt haben.

In die Jejunalkanüle wurde ein Pfropfen mit 3 Röhren — Injektions-, Aufblähungs- und Ableitungsröhre — eingeführt und nach Sistierung der spontanen Säftesekretion die Eingießung in den Darm begonnen. Nach Beendigung der Injektionen wartete man ab, bis die durch dieselbe ausgelöste Säftesekretion zum Abschluß gelangte; das durch die Ableitungsröhre aufgefangene Säftegemisch wurde bei Zimmertemperatur im Ventilationsschrank eingetrocknet und aufbewahrt.

Die Bestimmung des Fermentgehaltes geschah in derselben Weise, wie auch in den vorherigen Versuchen. Folgende Tabelle gibt die Resultate wieder.

Tabelle LXV.

In den Darm eingeführte Substanz	Menge des gewonnenen Säftegemisches in ccm	Verdauungskraft gegen Eiereiweiß in %	Verdauungskraft gegen lösliche Stärke in %	Verdauungskraft gegen Eiergelbfett in %
Gesamter Chymus	50	8	69	7
Fett-substanzen	100	11	47	9
Entfetteter Chymus	11	—	40	5
Wasserlösl. Substanzen	54	20	22	10
Chymus-rückstand	16	18	—	—

e) Darmchymus.

Für die Versuche[40]) dienten zwei Arten von Versuchshunden. Erstens, normale Hunde mit je einer Fistel im Anfangsteile des Jejunums. Zweitens, um den Einfluß der sauren Magensekretion auszuschließen, ein Hund, dem der Magen vollständig reseziert war. Dieser Hund hatte eine Fistel im Anfangsteil des Ileums.

Die Hunde bekamen bald gehacktes Fleisch, mehrfach durchgekocht und durchgewaschen, bald eine Reisstärkeemulsion, bald ein Stück Fett oder eine Mischung aller dieser Substanzen. Im Laufe der Verdauungsperiode wurde die Fistelkanüle einigemale geöffnet und eine gewisse Menge Chymus entnommen, der Chymus darauf auf angefeuchtetes Filtrierpapier gegossen und das Filtrat auf flachen Tellern gesammelt, wo es bald in dünner Schicht eintrocknete. War der Chymus nicht genügend flüssig, so verdünnte man ihn vorher mit einer möglichst geringen Menge Wasser. Das eingetrocknete Filtrat wurde von den Tellern abgekratzt und über Schwefelsäure im Exsikkator nachgetrocknet, von den Trockenpulvern entweder gleiche Gewichtsteile oder verschiedene mit gleichem *N*-Gehalt genommen und in gleicher Wassermenge gelöst. Nun wurden gleiche Volumina der Lösung auf ihren Fermentgehalt untersucht und zwar: auf proteolytisches Ferment durch Verdauung von Röhrchen, die mit geronnenem Pferdeserum gefüllt waren, auf amylolytisches durch Bildung reduzierender Substanzen aus Amylodextrin (15 ccm $1^0/_0$-iger Lösung), auf lipolytisches durch Bildung freier Fettsäuren aus ol. provinc. Da in den Chymusfiltraten selbst reduzierende Substanzen und freie Fettsäuren enthalten sein oder sich bilden konnten, so wurden zwecks Ausschaltung dieser Fehlerquelle mehrere Kontrollproben mit einem entsprechenden Gemisch von Chymussaft und Wasser gemacht.

Die gewonnenen Resultate sind in folgender Tabelle LXVI zusammengestellt.

Aus allen den angeführten Tatsachen geht hervor, daß es bei der angewandten Methodik nicht gelingt, irgend welche Merkmale festzustellen, ob die Verdauungssäfte der Art der Nahrung, welche ihre Sekretion angeregt hat, sich anpassen, insofern es sich um den Gehalt an Fermenten handelt. Beispielsweise, bei der Fütterung eines Kleinmagenhundes mit fettreicher Nahrung wird in den abgesonderten Sekreten in der Mehrzahl der Fälle keine Steigerung der lipolytischen Energie konstatiert (Tabelle LIII). Wenn die Sekretion des Pankreassaftes durch Spaltungsprodukte verschiedenartiger Nahrungsmittel hervorgerufen wird, so erweist es sich, daß die Quantität der festen Bestandteile und des Stickstoffes in einem bestimmten Verhältnisse zur Art des Erregers stehen, aber im einzelnen Falle kann das Prävalieren spezifischer Fer-

Tabelle LXVI.

Nahrungsart	Verdauungskraft der Fermente: Proteolyse	Amylolyse	Lipolyse	Am stärksten wirkendes Ferment: Proteo-	Amylo-	lipo-litisches
	in ccm	in mg Zucker	in ccm $\frac{n}{10} NaOH$	bei Verdauung von		
I. Normaler Jejunumfistelhund.						
Nr. 1.						
Fleisch	1,3	5,0	3,2			
Stärke	1,3	4,4	2,8			
Fett	1,0	6,0	1,7	Stärke	Fett	Fleisch
Gemischte Nahrung	0,5	4,0	1,8			
Nr. 2.						
Fleisch	0,8	7,1	4,1			
Stärke	0,6	2,7	4,0	Fleisch	Fleisch und Fett	Fleisch
Fett	0,6	7,1	3,9			
Gemischte Nahrung	0,5	3,9	2,8			
Nr. 3.						
Fleisch	0,6	4,0	1,4			
Stärke	1,4	3,4	1,0	Stärke	Gemischte Nahrung	Fleisch
Fett	0,2	4,1	1,0			
Gemischte Nahrung	0,2	4,4	1,2			
II. Magenloser Ileumfistelhund.						
Fleisch	0,8	4,6	1,0			
Stärke	1,0	5,9	0,9	Fett	Stärke	Fleisch
Fett	2,0	2,3	0,4			

mente nicht festgestellt werden, so daß z. B. die proteolytischen Fermente entweder dann am stärksten erscheinen, wenn im Darmkanal Eiweißstoffe, ein anderes Mal, wenn Fette und im dritten Falle, wenn Kohlehydrate eingeführt worden sind; ebenso erscheint die lipolytische Wirkung bisweilen am schwächsten in denjenigen Sekreten, welche gerade durch die Fette angeregt worden sind; in dieser Untersuchungsreihe fällt es im allgemeinen auf, daß die lipolytischen Fermente in einer mehr oder weniger beständigen Menge im Pankreassafte enthalten sind; am meisten schwankt die Quantität der amylolytischen Fermente dabei ganz unabhängig von der Art der Nahrungssubstanz, welche in den Darmkanal eingetreten ist.

Auch am Darmsaft konnte keine fermentative Spezifizität nachgewiesen werden; bisweilen erschien dieselbe am meisten ausgeprägt in dem Sekrete, welches durch andere Sekrete (des Magens, des Pankreas u. s. w.) angeregt wurde; das durch Eiweißsubstanzen ausgelöste Sekret zeigte den gleichen Bestand von proteolytischen Fermenten, wie der

Saft, dessen Sekretion durch das Einführen von Kohlehydraten angeregt worden war.

Zu denselben unbestimmten Resultaten führte die Untersuchung des Fermentbestandes im Gemische der Sekrete, welche aus dem oberen Teile des Jejunum gewonnen worden sind. Der spontan abgeschiedene Saft erschien ebenso arm an Lipase, wie das Sekret, welches durch die in den Darmkanal eingeführten Fettsubstanzen angeregt worden war. Der unveränderte Chymus, welcher die Gesamtmenge der Eiweißsubstanzen enthielt, hatte die Sekretion eines Saftes angeregt, welcher verhältnismäßig am wenigsten proteolytisches Ferment enthielt.

Nachdem in allen angeführten Untersuchungen auf einige Fakta hingewiesen wurde, welche gegen die Ansicht über die spezifische Anpassung des Fermentbestandes der Verdauungssäfte sprechen, kann man nicht mit Schweigen diejenigen Fakta übergehen, welche zu Gunsten dieser Ansicht sprechen. So hat z. B. in den eben angeführten Experimenten das Fett, welches aus dem Chymus gewonnen wurde, die Sekretion eines Saftes hervorgerufen, der an Lipase reicher war (9%), als der zurückgebliebene fettlose Teil des Chymus (5%). Aber derartige Beobachtungen kommen bedeutend seltener vor, als solche, welche den entgegengesetzten Charakter aufweisen.

Die Bestimmung der fermentativen Energie des Filtrates des Darmchymus bei der Fütterung mit verschiedenartiger Nahrung ergab dieselben Resultate, wie bei den anderen Experimenten derselben Art. Das proteolytische Ferment erwies sich am stärksten einmal im Fleischchymus, das andere Mal im Stärkechymus und das dritte Mal im Fettchymus; das amylolytische Ferment ist in 4 Experimenten einmal im Stärkechymus und das lipolytische Ferment stets im Fleischchymus am stärksten gefunden worden.

Zur Betrachtung aller möglichen Fragen die in Bezug auf die Methodik aufkommen können, wurde noch eine Reihe von Experimenten am Hunde mit einer Pankreasfistel vorgenommen. Der Ausführungsgang war bei diesem Hunde seitlich von der Mittellinie in der Bauchmuskulatur angelegt; infolgedessen konnte das Sekret aus dem zusammengepreßten Ausführungsgange sich nur dann entleeren, wenn in demselben eine Glaskanüle eingeführt war. Auf diese Weise konnte man bequem in jeder Phase des Verdauungsaktes das Sekret erhalten und außerhalb der Beobachtungszeit ließ man das Sekret durch die intakt gebliebenen Ausführungsgänge in den Darm einfließen. Es wurden zweierlei Experimente angestellt. In einem Falle wurden in der Mitte des Verdauungsaktes, nachdem der Hund — entweder nur abgekochtes Fleisch, und zwar in größerer Menge, — oder ganz kleine Fleischmengen (um den Appetit

anzuregen) mit einer relativ großen Quantität Stärke (200 g), — oder Schweinespeck (100 g) — erhalten hatte, 65 ccm Sekret aufgefangen, sofort auf flache Teller ausgegossen und bei 20°—22° C getrocknet. Das gesamte trockene Pulver wurde sofort in gleicher Menge Wasser gelöst und zwar in einer Proportion, in welcher die anfänglichen Sekrete hergestellt worden waren und dann gleiche Mengen zur Bestimmung der Kraft der Fermente genommen. In einer zweiten Reihe der Experimente wurde zur Feststellung der fermentativen Kraft frisches, eben aufgefangenes Sekret benutzt. Der Vorzug des ersten Experimentes besteht darin, daß die Untersuchung der fermentativen Kraft gleichzeitig unter gleichen Bedingungen ausgeführt wurde, der Vorzug des zweiten Experimentes ist der, daß für die Bestimmung der fermentativen Kraft ganz frisches Sekret benutzt wurde. Beide Methoden ergänzen sich gegenseitig und sind offenbar gleichwertig, da sie zu gleichen Resultaten geführt haben. Der Vollständigkeit wegen wurde noch der Stickstoffgehalt der Trockensubstanz und die Asche bestimmt.

4. Motilität.

In Bezug auf die motorische Tätigkeit nimmt das Duodenum eine mittlere Stellung zwischen dem Magen und dem übrigen Darmtraktus ein, und zwar in dem Sinne, daß das Duodenum den Chymus in sich aufnimmt und zurückhält. Es ist längst schon bekannt, daß bei der Sektion in der Verdauungsphase der Dünndarm der Hunde gewöhnlich sehr unbedeutende Chymusmengen enthält, dagegen das Duodenum ganz mit Chymus angefüllt ist. Es war interessant zu beobachten, wie sich diese Verhältnisse bei der Fütterung mit verschiedenartiger Nahrung in vivo abspielen. Zu diesem Zwecke wurde ein Hund mit 3 Fisteln benutzt — die eine im unteren Teile des Duodenum, die andere im oberen Teile des Jejunum, ungefähr 25 cm von der Plica duodenojejunalis entfernt, und die dritte Fistel im Ileum, in einem Abstande von 50 cm vom Coecum. Der Hund bekam die eine oder andere Nahrung, und in bestimmten Zeiträumen wurden gleichzeitig alle Fisteln rasch geöffnet und sofort wieder geschlossen; auf diese Weise wurden bestimmte Portionen des Chymus in untergestellten Gefäßen aufgefangen und analysiert. Die Zahlen, welche der Menge der enthaltenen Portionen entsprechen, sollen zeigen, wieviel Chymus in einem bestimmten Augenblicke in dem Darmabschnitte, welcher der Fistel entspricht, enthalten ist. Selbstverständlich wird hier die Beobachtung durch verschiedene Faktoren erschwert. Erstens hat das Darmlumen in den verschiedenen Teilen nicht überall den gleichen Durchmesser, am größten ist derselbe im Duodenum, kleiner im Jejunum und noch kleiner im Ileum. Zweitens, muß man annehmen, daß der physio-

logische Zustand des Darmtraktus an den angeführten Stellen nicht der gleiche ist: stellenweise kann z. B. im betreffenden Moment eine peristaltische Welle auftreten, an einer anderen Stelle der Darm sich im Ruhezustande befinden; außerdem wechselt im Duodenum von Zeit zu Zeit eine verstärkte Sekretion der Säfte mit dem Stillstand der Sekretion. Das erste Hindernis wurde vermieden, indem man bei narkotisierten Hunden das relative Volumen der zu vergleichenden Darmabschnitte feststellte. Dieses geschah in folgender Weise: An entsprechenden Stellen wurden gleich lange Darmteile durch zwei Ligaturen isoliert und in Luken dieser Abschnitte injizierte man aus einer graduierten Spritze Olivenöl bis zur maximalen Ausdehnung der Darmwand; dabei konnte konstatiert werden, daß das Volumen des Duodenum sich zum Volumen des Jejunum und Ileum verhält wie ungefähr 3 : 2 : 1. Das zweite Hindernis, ein zufälliges, verliert selbstverständlich bei vielfach ausgeführten Beobachtungen seine Bedeutung. Die vorhandenen Beobachtungen sind noch dazu nicht genügend.

Das Duodenum ist, unter anderem, das gewöhnliche Hindernis für den Übergang des Jejunalinhaltes in den Magen. Führt man z. B. an dem Hunde die Gastrojejunostomie aus, so dringt der Inhalt des Jejunums ohne jegliches Hindernis in den Magen, was man an den Würmern sehen kann, welche mit dem Brechakt herausbefördert werden, den sie wahrscheinlich auch hervorrufen. Reseziert man dem Hunde das Duodenum, soweit das auf Grund des Obenerwähnten zulässig ist, so beobachtet man eine analoge Erscheinung — das Eindringen von Ascariden in den Magen.

5. Verdauung und Resorption.

Die Frage, welche Rolle unter verschiedenen Verhältnissen dem Duodenum beim Verdauungsprozesse und bei der Resorption der Nahrungsstoffe zukommt, ist durchaus keine leichte, da die ausführbaren Methoden nicht genügend zuverlässig sind. Tatsächlich erscheint es notwendig, für die quantitative Bestimmung, den ganzen Chymus, welcher aus der Duodenalfistel entleert wird, aufzufangen; dieses aber auszuführen, ohne die natürlichen Verhältnisse zu stören, erscheint unmöglich. Dem Experimentator stehen drei Methoden zur quantitativen Bestimmung der Duodenalausscheidung zur Verfügung. Am allerwenigsten wird der natürliche Gang des Verdauungsprozesses gestört, wenn die diskontinuirliche Methode angewandt wird: in einem Experimente wird der Chymus beispielsweise im Laufe der ersten 10 Minuten einer jeden Stunde aufgefangen, im nächsten Versuch im Laufe der zweiten 10 Minuten u. s. w. Zur Bestimmung der Gesamtsumme der Ausscheidungsprodukte aus der Fistel während des Verdauungsprozesses muß man dann die Teilexkrete addieren. Die

Tabelle LXVII.

Eiweißart	Nahrungszufuhr: Pylorus-hund N in g	Nahrungszufuhr: Duodenal-hund N in g	Magenexkret (Pylorushund): Gesamt-N	Magenexkret (Pylorushund): N d. gelöst. Substanzen	Magenexkret (Pylorushund): P-W-S-lösliche Substanzen in % zum gelösten N	Galle und Pankreassaft I. Papille: N in g	Duodenalexkret (Duodenalhund): Gesamt-N in g	Duodenalexkret (Duodenalhund): N der gelösten	Duodenalexkret (Duodenalhund): P-W-S-lösliche Substanzen in % zum gelösten N	Pankreassaft II. Papille: N in g	Zunahme des N der P-W-S löslichen Substanzen (beim Duodenalhund im Vergleich mit dem Pylorushund in %)	Abnahme des Gesamt-N (beim Duodenalhund im Vergleich mit dem Pylorushund in %)
Gliadin	3,400	3,385	3,716	2,799	4	0,306	3,895	2,813	16	0,244	12	3
Serumeiweiß	3,418	3,418	3,621	1,882	6	0,234	3,674	1,242	8	0,191	2	5
Edestin	3,392	3,516	3,684	2,991	7	0,312	3,947	3,217	13	0,176	6	5
Gelatine	3,685	3,572	4,021	3,612	2	0,296	3,990	3,793	16	0,193	14	6
Casein	2,829	2,959	3,216	2,380	14	0,196	3,185	2,260	19	0,258	5	8

Hoffnung, auf diesem Wege befriedigende Resultate zu erhalten, ist jedoch gering. Schon a priori muß man erwarten, daß die Verdauungs- und Resorptionsfraktion eines so kleinen Darmstückes, wie das Duodenum in bedeutendem Grade beschränkt ist, so daß dieselbe infolge der unvermeidlichen Fehlerquellen der Methodik kaum zu Tage treten kann; bei der Methodik selbst werden Teilergebnisse verschiedener Experimente mit einander verglichen, welche sich bei Experimenten an anderen Darmabschnitten nicht wiederholen. Diese Methodik wurde auch nicht angewandt, da sie wenig exakt ist.

Die zweite Methode, welche genaue quantitative Bestimmungen des Chymus ergibt, besteht darin, daß derselbe aus der geöffneten Fistel im Laufe der ganzen Exkretion aufgefangen, die Exkretion des Magens aber durch saure Injektionen in den distalen Teil des Darmes reguliert wird. Diese Abweichung von der normalen Beförderung des Chymus durch das Duodenum hängt damit zusammen, daß die Exkretion des Magens, sowie Sekretion der Duodenalsäfte nicht unter normalen Verhältnissen der Fortbewegung des saueren Chymus durch den Darmtraktus reguliert werden, sondern unter dem Einfluß künstlicher Injektionen, welche trotz aller Vorsicht bis zu einem gewissen Grade willkürlich erscheinen. Infolgedessen können unter diesen Verhältnissen die Resultate der Experimente nicht als der Norm ganz gleichbedeutend betrachtet werden; aber um eine ungefähre Vorstellung über den natürlichen Verlauf des Prozesses zu geben, sind sie durchaus geeignet, weswegen diese Methode in den meisten Versuchen dieser Art von uns bevorzugt wurde. Die dritte Methode, den Chymus aufzufangen, unterscheidet sich von der zweiten dadurch, daß in das Jejunum keine saueren Stoffe injiziert werden. Die Resultate ergaben, daß die Entleerung des Magens und des Duodenum beschleunigt wird — das ist die negative Seite der Methode; dagegen besteht der Vorzug derselben darin, daß das künstliche Verfahren der Injektionen vermieden wird. In den Fällen, wo zur Untersuchung eine Nahrung gelangt, welche langsam aus dem Magen, sogar beim Ausbleiben der Rückwirkung von Seiten des Darmes, entleert wird, z. B. bei der Fütterung mit großen Stücken koagulierten Eiereiweißes oder mit großen Stücken Brot, kann diese Methode Anwendung finden, besonders wenn es sich um Vergleichsuntersuchungen handelt.

a) **Eiweißsubstanzen.**

Das Studium der Veränderungen, welchen die Eiweißsubstanzen im Duodenum unterliegen, wird im höchsten Grade durch die Beimengung von transpylorischen Säften (der Galle, des Pankreas- und Darmsaftes), erschwert, welche verhältnismäßig viel Stickstoff enthalten. Das Magen-

exkret, welches ins Duodenum gelangt, enthält, wie schon vorher hingewiesen wurde, außer dem Stickstoffe der Nahrung noch den Stickstoff der cispylorischen Sekrete (des Speichels, des Magensaftes, des Schleimes u. s. w.). Zur genauen Orientierung in Bezug auf das Duodenalexkret muß man folglich den Stickstoff der cis- und transpylorischen Säfte einzeln bestimmen. Dieses an einem und demselben Hunde auszuführen, ist kaum möglich, da man zwei zweikammerige Fistelröhren von größerem Lumen auf einer sehr kleinen Entfernung von einander anlegen müßte; infolgedessen muß man unbedingt im betreffenden Falle die Aufgabe auf zwei Hunde verteilen, welche selbstverständlich einander möglichst gleich sind. An zwei derartigen Hunden[8]) ist eine Reihe von Versuchen mit verschiedenartigen Eiweißstoffen ausgeführt worden. Bei dem einen Hunde war die zweikammerige Kanüle gleich hinter dem Pylorus angelegt, so daß aus der oralen Hälfte das Magenexkret und aus dem aboralen Teile das Sekret der ersten Papille gewonnen wurde; beim anderen Hunde war ebenfalls eine Kanüle zwischen beiden Papillen angelegt, sodaß aus der oralen Hälfte das Magenexkret, soweit es noch nicht in dem entsprechenden Abschnitte des Duodenum resorbiert worden war, samt dem Safte der ersten Papille gewonnen wurde, durch die anale Hälfte der Kanüle aber sich aus der zweiten Papille das Pankreasexkret entleerte. Beim Vergleich der Bestandteile des Magenexkretes und der Säfte an der ersten Papille beim ersten Hunde mit den Bestandteilen des Duodenalexkretes des zweiten Hundes kann man einen Einblick in die Veränderungen gewinnen, welche das Magenexkret im oberen Teile des Duodenum erfährt. Aus der beigefügten Tabelle, in welcher die Resultate der Fütterung des Hundes mit 25 g Kasein (Mittelwerte von 2 Versuchen) Edestin, Gliadin, Gelatine, Serumeiweiß und Eiereiweiß mit Fleischextrakt enthalten sind, geht hervor, daß unmittelbar nach dem Übergange des Magenexkretes in das Duodenum und nach der Vermengung mit den Säften der ersten Papille, die Verdauung der Eiweißstoffe rasch vorwärts geht und daß die Resorption beginnt. Dabei unterliegt ein Teil des Nahrungseiweißes, das den Magen in unverändertem Zustande verläßt, auch hier keinerlei Veränderungen, der andere Teil aber, welcher in Form einer Lösung anlangt, wird einer weiteren Spaltung unterworfen und daselbst teilweise resorbiert. Da die zusammengestellten Befunde nicht von einem, sondern von zwei Hunden stammen, muß man selbstverständlich in Anbetracht der komplizierten Berechnung die endgültigen Zahlen als ungefähre auffassen, aber andererseits berechtigt uns die Übereinstimmung verschiedener Experimente, den Schluß zu ziehen, daß das Gesamtresultat der Wirklichkeit entspricht.

b) Sekretion der Duodenalpapillen.

Im mittleren Duodenumabschnitte mischt sich der Pankreassaft, welcher aus der zweiten Papille herausfließt, dem Speisebrei bei. Direkte Beobachtungen an „polychymotischen“ Hunden beweisen, daß die Sekretionen der Verdauungssäfte aus beiden Papillen mehr oder weniger unabhängig von einander vor sich gehen. Aus der ersten Papille wird entweder reine Galle, oder reiner Pankreassaft, oder endlich auch ein Gemisch beider unter vorwiegender Beteiligung des einen oder des anderen sezerniert. Schon die verschiedene Verfärbung des Saftes ermöglicht eine Beurteilung seiner Zusammensetzung, ganz abgesehen davon, daß die Bestimmung des Stickstoffgehaltes und der fermentativen Energie der Säfte eine Prüfung des Befundes auf den ersten Blick gestattet.

Die Sekretion aus der zweiten Papille kann in dem Falle zunehmen, wenn sie aus der ersten Papille abnimmt, oder auch ganz stockt, und umgekehrt.

In der beiliegenden Tabelle finden sich Angaben über die Menge und Qualität der Säfte, welche aus der ersten und zweiten Papille ausgeschieden werden, insoweit als ihre Sekretion durch die einzelnen Chymusportionen, welche vom unteren Duodenumabschnitte in den Darm gelangen, hervorgerufen wird. Diese Zahlenwerte stammen aus einer Reihe der oben erwähnten Versuche,[41]) in welchen einem „polychymotischen“ Hunde verschiedene Fleischquantitäten verfüttert worden waren. In der Tabelle finden sich Angaben: 1. Über die Menge und den Gesamtstickstoffgehalt der injizierten Flüssigkeit; 2. über die Menge und den Stickstoffgehalt der aus beiden Papillen ausgeschiedenen Säfte, wobei vermerkt ist, welcher Saft aus der ersten Papille herausfließt, ob dieses hauptsächlich Galle (*G*) oder aber Pankreassaft (*P*) oder schließlich ein Gemisch beider (*G* + *P*) ist; über die Energie des proteolytischen Fermentes in Zahlenwerten, welche das prozentuale Verhältnis des Amidostickstoffs zum Gesamtstickstoffe nach 4 Tage langem Stehen im Brutschranke von 10 ccm einer 2 % igen Kaseinlösung (Hammarsten) in $^1/_2$ % igem Natriumkarbonat mit 0,1 ccm des Saftes wiedergeben; über die Energie des amylolytischen Fermentes in Zahlenwerten, welche in % ausgedrückte Spaltung von Amylodextrin nach Wohlgemuth wiedergeben und des lipolytischen Fermentes in Zahlenwerten, welche der Menge von $^n/_{10}$ Natronlauge entsprechen, die erforderlich ist zur Neutralisation von aus 0,05 g Monobutyrin in 5 ccm Wasser nebst 0,5 ccm des Saftes nach 4 Tage langem Stehen im Brutschrank ausgeschiedener Buttersäure.

Tabelle LXVIII.

Menge N des in den Darm beförderten Chymus		Menge in ccm		N der gewonnenen Säfte in %		Verdauungskraft					
						Proteolyse		Amylolyse		Lipolyse	
ccm	in %	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
25	0,60	10(G)	24	0,47	0,34	—	18	—	13	—	5
26	0,35	7(G)	13	0,34	0,25	—	—	—	—	—	—
34	0,56	—	15	—	0,37	—	42	—	8	—	—
35	0,56	25(G)	1	0,48	0,40	21	—	—	—	7	—
35	0,59	12(G+P)	4	0,34	0,30	31	—	—	—	2	—
35	0,63	—	1	—	0,30	—	—	—	—	—	—
36	0,70	12(G+P)	15	0,40	0,25	17	29	—	13	4	4
37	0,48	—	8	—	0,25	—	19	—	13	—	4
38	0,60	16(G)	15	0,29	0,35	31	—	—	—	2	—
42	0,56	10(G)	28	0,51	0.25	—	13	—	8	—	1
45	0,73	8(G)+7,5(P)	36	0,30(P)	0,35	31	44	20	13	0	5
47	0,85	4(G)	18	0,33	0,36	—	36	—	8	—	5
50	0,51	—	13	—	0,35	—	18	—	13	—	4
50	0,77	14(G)	30	0,32	0,36	—	—	—	—	—	—
53	0,59	6,5(P)	16	0,22	0,33	—	35	—	8	—	10
55	0,24	20(G+P)	9	0,34	0,37	—	51	—	13	2	7
56	0,36	17(G)	25	0,46	0,25	—	—	—	—	—	—
60	0,59	10(P)	8	0,34	0,44	31	48	—	13	2	8
62	0,60	27(P)	7	0,36	0,28	17	44	—	20	14	8
64	0,50	6(G)	21	0,40	0,25	—	42	—	—	—	—
65	0,70	2,4(G)	9	0,29	0,27	16	18	8	8	3	1
70	0,47	6(G)	26	0,38	0,22	31	51	—	8	2	8
70	0,71	42(G)	7	0,33	0,46	16	24	8	13	3	9
70	0,77	20(G)	37	0,55	0,20	16	16	8	13	3	4
73	0,59	7,5(G)	18	0,32	0,36	—	36	—	13	—	13
73	0,62	0	2	—	0,30	—	—	—	—	—	—
74	0,56	40(G)+(P)	16	0,41	0,31	17	24	—	13	4	1
80	0,53	2,7(P)	4	0,32	0,25	21	36	—	—	7	7
90	0,48	46(G)+(P)	12	0,36(G)—0,21(P)	0,23	21	18	—	13	7	4
95	0,59	25(G+P)	40	0,33	0,35	—	—	—	—	—	—
95	0,63	25(G)	43	0,45	0,34	32	34	20	5	0	0
100	0,70	8(G)+7,5(P)	11	0,30(P)	0,32	32	44	20	8	0	—
125	0,60	2(G)+1,5(G)	28	0,40	0,28	17	—	—	—	4	—
130	0,63	2(G)	12	0,30	0,38	—	—	—	—	—	—
140	0,76	10(G+P)	7	0,25	0,39	16	—	8	—	8	—
170		10(G)	17	0,45	0,34	32	—	20	—	0	—

Man muß ferner in Betracht ziehen, daß der in den Darm gelangende Chymus bei den einzelnen Injektionen ebenfalls keine einheitlichen Bestandteile aufwies: die Lackmusreaktion war bald eine saure, bald eine neutrale, bald wieder eine alkalische; bald waren lösliche, bald unlös-

liche Stickstoffsubstanzen, bald der eine, bald wieder der andere Saft in überwiegender Menge vertreten, wie das ja auch unter normalen Verhältnissen der Fall ist. Auf diese Weise sind hier nur allgemeine Schlußfolgerungen zulässig. Betrachtet man die erzielten Werte genauer, so ergibt sich folgendes:

1. Aus der ersten Papille wird während der Verdauungsperiode ein Saft von verschiedener Zusammensetzung ausgeschieden: entweder fließt nur Galle, oder aber viel seltener nur Pankreassaft, am häufigsten ein Gemisch beider ab.

2. Die Absonderung der Galle aus der ersten Papille und die des Pankreassaftes aus der zweiten verlaufen unabhängig von einander, dagegen besteht ein Zusammenhang in der Pankreassaftausscheidung aus beiden Papillen. Dieses ist besonders deutlich in denjenigen Fällen ausgedrückt, wo aus der ersten Papille reiner Pankreassaft ohne Gallenbeimengung ausgeschieden wurde. Man kann nämlich beobachten, daß bei gesteigerter Sekretion dieses Saftes aus der ersten Papille, die Sekretion aus der zweiten Papille gewöhnlich abnimmt. Im allgemeinen ist die Sekretion aus der zweiten Papille ausgiebiger, als aus der ersten; jedoch floß in den wenigen Fällen (das Verhältnis betrug in der ganzen Versuchsreihe 496 : 386), wo aus der ersten Papille viel reiner Pankreassaft (10 und 27 ccm) ausgeschieden wurde, aus der zweiten wenig (8 und 10 ccm) ab. Von welchen Ursachen die Verteilung des Saftes auf die beiden Papillen abhängt, läßt sich vorerst noch nicht feststellen.

3. Im Durchschnitt ist der Stickstoffgehalt in dem aus beiden Papillen ausgeschiedenen Safte ein gleicher: für den aus der ersten Papille ausgeschiedenen Saft erhält man in der gegebenen Versuchsreihe im Durchschnitt 0,36 %, aus der zweiten aber 0,32 %. Da die Gesamtmenge des aus der ersten Papille ausgeschiedenen Saftes eine größere ist, als die aus der zweiten (ca. 4 : 3), so ist folglich auch die Gesamtstickstoffmenge, welche aus der ersten Papille abgesondert wird, eine größere als die aus der zweiten.

4. Die Fermentkraft ist in den aus beiden Papillen hervorgehenden Sekretionen keine gleiche. Das proteolytische Ferment erwies sich ausnahmslos in allen Fällen, wo Paralleluntersuchungen vorgenommen wurden, in dem aus der zweiten Papille ausgeschiedenen Safte in größerer Menge vorhanden, als wie in dem aus der ersten herausfließenden. Augenscheinlich kompensiert die die Fermentkraft des Trypsins steigernde Wirkung der Galle die durch sie bedingte Verdünnung nicht. Was jedoch die amylolytische und lipolytische Wirkung anbetrifft, so kommt in dieser Beziehung der Saft der ersten Papille demjenigen der zweiten entweder gleich oder übertrifft diesen sogar.

In Anbetracht dessen, daß der Pankreassaft aus der zweiten Papille demjenigen aus der ersten in jeglicher Beziehung gleichkommt, müßte man erwarten, daß während der Weiterbeförderung des Chymus längs dem verhältnismässig kurzen Duodenum sowohl die Verdauung, als auch die Resorption der Eiweißprodukte nur um ein Weniges vorwärtsschreiten würde. Und in der Tat ergeben Versuche, die an einem Hunde mit einer im unteren Duodenumabschnitte unweit der Plica duodenojejunalis angelegten Fistel, angestellt wurden, daß aus der Duodenalfistel ceteris paribus nur etwas weniger unverdaute Eiweißreste gewonnen werden können, als aus der Pylorusfistel; die löslichen Verdauungsprodukte ergeben einen etwas geringeren Gehalt an Peptidstickstoff, als diejenigen im Magen; die Resorption der Verdauungsprodukte steht noch um ein Geringes hinter der Stickstoffmenge, welche in dem höher gelegenen Abschnitte mit den Verdauungssäften sich der Nahrung beimengt, zurück. Subtrahiert man diesen Wert, welcher in den oben erwähnten Versuchen bestimmt worden war, so erweist sich, daß die Resorption summa summarum ca. 10 % beträgt.

Mit einem Wort, es erfährt das im Magen kaum gespaltene Eiweiß beim Übergange ins Duodenum eine tiefer greifende Degradation und zu gleicher Zeit beginnt der Resorptionsprozeß. Der gegenwärtige Stand der Chemie des Eiweißes gestattet uns nicht, trotz der in letzter Zeit hervorragenden Fortschritte derselben, die einzelnen Etappen der chemischen Umwandlnng des genuinen Eiweißmoleküls bis zum Momente des Überganges seiner Derivate über die Grenze der Schleimhautoberfläche des Darmes hinaus zu verfolgen. Gegenwärtig kann nur folgendes bestimmt werden: 1. ob in dem gegebenen Chymus irgend welche freie Aminosäuren enthalten sind, 2. ob die in den Verdauungsprodukten des Chymus vorhandenen freien oder gebundenen Aminosäuren in denselben quantitativen Wechselbeziehungen stehen, wie im Nahrungseiweiß, oder nicht. Um diese Fragen zu lösen, wurde einem Duodenalfistelhund Eiweißnahrung — Fleisch, käufliches Kasein, Gliadin oder Hühnereiweiß verabfolgt und dann im Laufe der Verdauungsperiode aus der zu diesem Zwecke eröffneten Fistel der Chymus portionsweise aufgefangen. Letzterer wurde dann in üblicher Weise von den gerinnbaren Bestandteilen befreit, sodann die Verdauungsprodukte bei niedriger Temperatur getrocknet. Sobald sich eine genügende Menge der Substanz angesammelt hatte, wurde sie analysiert. Man unterzog sie entweder direkt der Ätherisation nach Emil Fischer oder sie wurde mit Hilfe der Phosphorwolframsäure zuerst in lösliche und unlösliche Bestandteile getrennt und mit Schwefelsäure hydrolysiert, um eine quantitative Bestimmung von Tyrosin

und Glutaminsäure, d. h. derjenigen Monoaminosäuren, welche gegenwärtig eine genauere quantitative Analyse gestatten, zu ermöglichen.

Wie im Verdauungskanale die Degradation zu Gunsten der Resorption verläuft, kann man aus dem Grunde nicht bestimmen, weil neben der Degradation auch Resorption stattfindet und weil gegenwärtig eine genaue Methode fehlt, mit welcher sich die Darmwand passierende Produkte bestimmen ließen. Von diesem Standpunkte aus erscheint überhaupt der Duodenalinhalt als das passendste Objekt, weil hier der verhältnismäßig sehr energische Degradationsprozeß eine nur geringe Resorption der Spaltungsprodukte zur Folge hat. In diesem Sinne nähert sich das Duodenum den Versuchsbedingungen in vitro. Und sollte einmal die chemische Untersuchungsmethodik so große Fortschritte machen, daß sie eine Orientierung unter den Komponenten der Eiweißverdauungsprodukte ermöglicht, so würde der Duodenalchymus, dem eben Erwähnten zufolge, eine dominierende Stellung einnehmen.

In beifolgender Tabelle sind die bei den oben genannten Analysen erzielten Resultate übersichtlich zusammengestellt. Aus ihr ersieht man vor

Tabelle LXIX.

Eiweißart der Nahrung	Lage der Duodenalfistel	Gehalt an Monoaminosäuren in % zu der aschefreien Trockensubstanz der löslichen Chymusprodukte aus den Esterfraktionen			Verhältnis zwischen Tyrosin und Glutaminsäure (= 100) in den verfütterten Eiweißstoffes	löslichen Verdauungsprodukten des Duodenalchymus mit Phosphorwolframsäure	
		I	II	III		fällbaren	nicht fällbaren
Fleisch	oberes Duodenum	3,5	0,2	0,5	—	—	—
	unteres „	1,9	Spuren	1,0	—	—	—
Edestin	oberes „	—	—	—	13 : 100	8 : 100	60 : 100
	unteres „	—	—	—	„	5 : 100	51 : 100
Casein	„ „	—	—	—	41 : 100	28 : 100	35 : 100
Eieralbumin	oberes „	0,5	0,3	0,8	14 : 100	50 : 100	75 : 100
	unteres „	1,2	0,4	3,2	„	—	—
Gliadin	oberes „	0,8	0,04	0,6	7 : 100	37 : 100	—
	unteres „	1,25	0,09	1,4	„	—	—

allem, daß schon in dem oberen Duodenumabschnitte eine Abspaltung freier Aminosäuren von dem Eiweißmolekül der Nahrung stattfindet, ganz unabhängig davon, welcher Art dasselbe ist. Eine genauere Analyse ergab Tyrosin, Leucin, Alanin, Valin. Weder Glykokoll, noch Prolin, noch auch Phenylalanin konnten in freiem Zustande festgestellt werden. Weiter erwies sich, daß in sämtlichen untersuchten Fällen die komplizierteren Eiweißabbauprodukte verhältnismäßig ärmer an Tyrosin und reicher an Glutaminsäure sind, als wie die einfacheren Produkte, welche nicht durch

Phosphorwolframsäure gefällt werden. Dieses beweist, daß Tyrosin resp. tyrosinhaltige Komplexe sich vor allem von dem Eiweißmolekül abspalten, wobei verschiedene Eiweißarten verschiedene einfachere Abbauprodukte liefern. So z. B. entsteht aus Casein, welches Tyrosin und Glutaminsäure im Verhältnis von 41 : 100 enthält, im Duodenum einfachere phosphorwolframsäurelösliche Derivate, welche Tyrosin und Glutaminsäure im Verhältnis von 35 : 100 enthalten; dagegen ergeben Edestin und Eieralbumin, bei denen dieses Verhältnis 13—14 : 100 beträgt, einfachere Derivate mit einem Verhältnis von 60—75 : 100. Überhaupt steht hier noch ein weites Gebiet für Untersuchungen, welche unsere Kenntnisse über den Verdauungschemismus bei Eiweißkost vertiefen müssen, offen.

b. Kohlehydrate.

Inbetreff der Kohlehydrate beweist der Versuch,[16]) daß die einfachsten von ihnen ziemlich rasch verdaut und in bedeutendem Grade resorbiert

Tabelle LXX.

In Magen eingeführte Substanz	Dauer des Versuches in Stunden	Totalwert der Verdauung in %	Resorbierte Zuckermenge in %
9 g Dextrose	2	—	23
10 g Rohrzucker	2	38	31
9 g Erythrodextrin	$2^1/_3$	53	7
9,2 g Amylodextrin	2	69	7
21 g Stärkekleister	$2^1/_{10}$	56	9

werden. Reguliert man z. B. die Exkretion des Magens in der Weise, daß 10 g Rohrzucker, welche in 300 ccm Wasser gelöst sind, im Laufe von 2 Stunden aus der Duodenalfistel ausgeschieden werden, so findet im Laufe dieser Zeit eine Spaltung von 38 % und Resorption von 31 % statt. Von Dextrose sind unter diesen Verhältnissen 23 % resorbiert. Dagegen werden Erythrodextrin oder Amylodextrin oder Stärkekleister noch bedeutender verdaut (53 %—69 %), weil augenscheinlich ein größerer Teil von ihnen an der Schleimhaut zurückgehalten und den Fermenten unterworfen wird, dagegen ist die Resorption derselben eine unbedeutende (7—9 %).

c) Resorptionsverhältnisse.

Um sich bis zu einem gewissen Grade in dem Prozesse der Duodenalresorption selbst zurechtzufinden, wurde eine Reihe von Versuchen [7]) an einem Hunde mit 2 Fisteln angestellt; eine derselben, eine zweikammerige, befand sich unmittelbar unterhalb des Pylorus, eine andere, gleichfalls zweikammerige, um 15—18 cm tiefer, am Ende des Duodenums hart hinter der plica duodenojejunalis.

Der Ballon wurde unmittelbar unterhalb der zweiten Papille aufgebläht. In 2 Versuchen injizierte man eine 5%ige Lösung (100 ccm) der aus dem Darmchymus ausgeschiedenen Gliadinverdauungsprodukte, in zwei weiteren Versuchen aber eine 20%ige Lösung (gleichfalls 100 ccm). Injiziert wurde regelmäßig alle 10 Sek. je 1 ccm. Aus den Durchschnittswerten dieser Versuche ersieht man vor allem, daß die Resorption von Wasser und der in ihm gelösten Produkte der Eiweißverdauung mehr oder weniger parallel verläuft, daß eine allzu starke Konzentration der Substanz die Sekretion der Darmwand anregt und die Resorption der Substanz herabsetzt. Man muß annehmen, daß bei den im Duodenum sich abspielenden normalen Prozessen diese Faktoren ihre Wirkung fortwährend im oben angeführtem Sinne äußern.

Die entsprechenden Zahlenwerte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle LXXI.

N-Konzentration der eingeführten Verdauungsprodukte in %	N-Konzentration der zurückgewonnenen Verdauungsprodukte in %	Koagulierbarer N der ausgeschiedenen Lösung in mg	N-Resorption in %	Differenz zwischen der eingeführten Lösungsmenge und der ausgeschiedenen in %
0,44	0,32	24	42	— 20
0,46	0,45	28	37	— 35
1,77	0,92	76	7	+ 80
1,85	1,04	63	7	+ 65

d) **Ausschaltung des Duodenums.**

Die allgemeine Rolle des Duodenums im System des Verdauungskanals muß aus Versuchen mit Ausschaltung desselben aus dem System hervorgehen. Von diesem Standpunkte aus nimmt jedoch das Duodenum eine ausschließliche Stellung ein. Man kann den Magen, das Jejunum, Ileum, Colon in toto beseitigen, ohne hierbei die übrigen Abschnitte des Verdauungsapparates unmittelbar zu berühren; mit dem Duodenum kann man jedoch nicht so verfahren, da in dasselbe die Ausführungsgänge von Pankreas und Leber münden. Im Grunde genommen könnte dieses Hindernis technisch beseitigt werden, da die Ausführungsgänge tiefer nach unten transplantiert werden könnten; hierbei ist jedoch eine Schädigung der normalen anatomisch-physiologischen Beziehungen unausbleiblich, welche den sich neu einstellenden pathologischen Verlauf der Verdauungsprozesse unbedingt verschieben muß. Aus diesem Grunde muß man sich bei Verdauungsversuchen notgedrungen auf eine in komplette Duodenumresektion beschränken und jenen minimalen Abschnitt, welcher zur Erhaltung eines natürlichen Saftzuflusses erforderlich ist, unberührt lassen. Die Opera-

tionstechnik bietet im Vergleich zur Darmresektion im allgemeinen nur folgende Unterschiede. Das Duodenum wird in einiger Entfernung vom zweiten Ausführungsgange abgeschnitten und vernäht; das Jejunum unterhalb der plica duodenojejunalis durchschnitten und gleichfalls vernäht, beide Stümpfe aber werden mittels einer lateralen Anastomose vereinigt.

Bei einem Hunde,[32]) der zur Aufklärung derjenigen Veränderungen dienen sollte, die in der Tätigkeit des Magen-Darmtraktus zum Vorschein treten, wurde das Duodenum in eben beschriebener Weise bis zu dem maximalen Grade reseziert: es blieb nur gemäß dem oben gesagten ein kleiner Teil noch, in welchen die Galle und der Pankreasgang münden; die freie Seite dieses Abschnittes wurde durch eine Seitenanastomose mit dem Jejunum vereinigt, im Anfangsteil des Ileums eine Fistel angelegt. Kurz vor der Operation und ungefähr zwei Wochen nach derselben wurde erhalten und analysiert die Ausscheidung aus der Fistel nach Verfütterung (wie auch vor der Operation) von 200 g Fleisch in 80 Stücken, von 50 g Stärke, 10 g Fett und 200 ccm Wasser. Diese Zusammensetzung der Nahrung wurde unter anderem deshalb gewählt, weil die Ilealfistel, trotz ihrer weiten Entfernung vom Magen, dessen Evakuation, zumal während der ersten 2 Stunden, ziemlich deutlich wiedergibt. Es handelt sich nämlich darum, daß bei diesem Gemische aus dem Magen gewöhnlich in erster Linie die Stärkeemulsion evakuiert wird, deren Wellen ziemlich rasch in das Ileum gelangen.

Da die Reizwirkung auf die Sekretion der transpylorischen Säfte, die ja haupsächlich das Volumen des Darmchymus bei dieser Nahrung bilden, in bedeutendem Maße vom Duodenum ausgeht, so müßte man erwarten, daß die Resektion desselben als direkte Folge eine Verminderung dieses Volumens bei allen übrigen gleichen Bedingungen haben würde. Diese Voraussetzung wurde auch durch den Versuch bestätigt: statt 168 und 175 ccm Exkret, welches im Laufe der ersten zwei Stunden in der Norm (Tabelle LXXII, *v.*) gewonnen wurde, erhielt man nach der Resektion des Duodenums (*n.*) 59 und 78 ccm; statt der ganzen Normalsumme von 349 ccm—200 ccm. Dieses ist aber der einzige Ausfall, der im Chymus des Anfangsteiles des Ileums zum Ausdruck kam.

Die verringerte Absonderung der transpylorischen Säfte muß ferner als Folge eine begrenzte Verdauung und Resorption derjenigen Nahrungsstoffe haben, deren Bearbeitung ausschließlich von diesen Säften abhängt und zwar von Stärke und Fett; dieser Ausfall wird aber nicht konstatiert. Wenn auch das Fistelexkret nach der Resektion ceteris paribus Stickstoff um 0,26 g und Fett um 0,64 g mehr enthielt, als vor derselben, so war die Menge der Kohlehydrate in ihm, im Gegenteil um 3,49 g geringer — dieses alles in Grenzen der gewöhnlichen Schwankungen

Tabelle LXXII.

Versuchsnummer	Verdauungsstunden	Menge ccm		Stickstoff Gesamtmenge g		Stickstoff der koagulierbar. Substanzen in % der Gesamtmenge der betr. Portion		Kohlehydrate Gesamtmenge g		Kohlehydrate Stärke in % der Gesamtmenge der betr. Portion		Fette Gesamtmenge g	
		des aufgenommenen Breies											
		v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.
I.	1—2	168	78	0,36	0,38	4	18	25,20	19,49	71	78	0,07	0,08
II.	1—2	175	59	0,38	0,34	26	9	25,04	14,65	79	60	0,05	0,08
I.	1—12	189	122	0,83	1,36	24	21	2,98	4,04	42	54	0,49	1,16
II.	1—12	166	140	0,79	1,39	18	34	2,44	10,50	50	56	0,44	0,80
Zus. Mittelwerte:		349	200	1,48	1,74	18	21	27,83	24,34	60	62	0,53	1,17

bei ein und demselben Individuum. Ebenfalls konnte man nicht beobachten, daß die Magenevakuation nach der Entfernung des Duodenums beschleunigt wäre, wie man dieses als Folge der Ausschaltung eines bedeutenden Darmabschnittes erwartet haben könnte, von welchem gewöhnlich die hemmende Wirkung auf die Magenentleerung ausgeht. Außer den dirigierenden Wirkungen auf andere Abschnitte des Verdauungsapparates, nimmt das Duodenum im Prozeß der Verdauung und Resorption der Nahrung direkten Anteil. Alle diese Störungen kommen vielleicht in dieser oder jener Weise in den höher gelegenen Abschnitten des Magen-Darmtraktus zur Geltung, im Anfangsteile des Ileums aber gestalten sich die Bedingungen schon normal.

Somit ruft die Ausschaltung des größten Teiles des Duodenums eine verringerte Absonderung der transpylorischen Säfte in den Darm hervor. Trotz diesen Verhältnissen wird die Verdauung und Resorption von Nahrungsstoffen im Darm schon im unteren Abschnitt des Jejunums normal. Wie lange diese Kompensation dauern kann, ist schwer zu sagen. Der Hund, an welchem die oben angeführten Versuche angestellt wurden, fing an, ungefähr 3 Wochen nach der Operation, jegliche Nahrungsaufnahme zu verweigern, trank jedoch viel Wasser und ging nach einigen Tagen zu Grunde. Zucker konnte im Harn nicht nachgewiesen werden. Die mikroskopische Untersuchung ergab nur Anaemie und eine Erweichung der Milz. Weitere Beobachtungen werden diese Frage aufklären können. Wie die Kompensation des Duodenaldefektes zu Stande kommt, ist vorläufig schwer zu sagen, bei der Sektion des betreffenden Hundes wenigstens konnten diejenigen hypertrophischen Befunde nicht

konstatiert werden, die gewöhnlich die Resektion anderer Darmpartien nach sich zieht.

Das Jejunum.

1. Die chymologische Stellung des Jejunums.

Im Anfangsteil des Jejunums hört im Verdauungskanal das Gebiet der spezifischen Sekretionen fast auf und beginnt das Gebiet der vorherrschenden Assimilationsprozesse. Man kann natürlich nicht behaupten, daß diese beiden Abschnitte des Verdauungskanals streng von einander abgegrenzt wären. Einerseits beginnen die Assimilationsprozesse bereits im Duodenum, andererseits dauert die Sekretion von Darmsaft in gewissem Maße im Jejunum und Ileum fort. Jedoch nehmen sowohl die Assimilationsprosesse im Duodenum, als auch die Sekretion im Jejunum und im Verdauungsprozeß einen verhältnismäßig sehr bescheidenen Raum ein.

3. Motilitätserscheinungen.

Der Übergang des Chymus aus dem Duodenum in's Jejunum ist von verschiedenen Momenten abhängig. Einerseits wird er durch die Magenentleerung bedingt, andererseits unterliegt er dem Einfluß der Sekretion der Duodenalsäfte; schließlich spielt die motorische Tätigkeit der Duodenalwandungen eine wesentliche Rolle. Unter diesen Umständen kommt jedoch der Magenexkretion die hervorragendste Bedeutung zu, da sowohl die Sekretion der Duodenalsäfte, als auch die motorische Tätigkeit des Duodenum Produkte der Magenexkretion sind. Letztere verändert sich aufs wesentlichste, wie oben nachgewiesen wurde, in ihrem Charakter in Abhängigkeit von dem Bestande der Nahrung. Es war von großem Interesse, den Grundcharakter der Duodenalexkretion bei einer besonders komplizierten Zusammensetzung der Nahrung zu bestimmen. Hierzu diente ein Hund[44]) mit einer im Anfangsteile des Jejunums in einiger Entfernung (25 cm) von der plica duodenojejunalis angelegten Fistel. Durch vorhergehende Versuche war festgestellt worden, daß dieser Hund seine Nahrung sehr gut verdaute. In einer Reihe von Versuchen wurde ihm eine Nahrung, die aus einem Gemisch von 400 g Fleich, 100 g Stärke und 50 g Schweinefett bestand, d. h. ein tägliches Nahrungsgemisch, bei welchem der Versuchshund sein Körpergewicht und Gleichgewicht im Stickstoffumsatz beibehielt, verabfolgt. Die Fortbewegung des Chymus wurde nach der Methode der wiederholten Fistelöffnung und Ansammelung des Exkretes studiert: in 4 Versuchen eröffnete man die Fistel jede Stunde im Laufe von 15 Minuten; der Chymus entfloß der Fistel bald in ununterbrochenem Strahle, bald tropfenweise.

Die Zeitpunkte der Chymusausscheidung und die Zwischenräume zwischen ihnen wurden im Laufe der ganzen Verdauungsperiode registriert, die $^1/_4$-stündigen Portionen gewogen und analysiert. Die Ergebnisse sind in der Tabelle LXXIII und in der beiliegenden Kurve (Fig. 28), welche zu folgenden Schlüssen berechtigen, wiedergegeben.

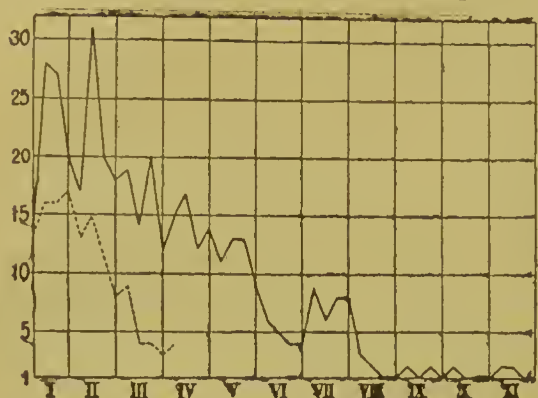


Fig. 28.

In's Jejunum gelangt der Chymus in einzelnen Schüben, welche ziemlich bald nach der Nahrungsaufnahme einsetzen und mit ansteigender Geschwindigkeit auf einander folgen, indem sie ihr Maxinum zu Beginn der zweiten Stunde erreichen (von 13 Schüben bis 31 pro 15′) Weiter nimmt die Geschwindigkeit in unregelmässigem Tempo ab und wird zu Beginn der 7. Stunde sehr unbedeutend, aber konstant (1—2 pro 15′), bis schließlich die Fortbewegung des Chymus ganz aufhört, was bei der gegebenen Mischnahrung ungefähr 12 Stunden nach der Nahrungsaufnahme stattfindet.

In den einzelnen Schüben werden dem Dünndarm ungleiche Chymusquantitäten zugeführt; dieselben schwanken in den Grenzen von 1 bis 7 g, wobei in früheren Perioden des Verdauungsprozesses ihr Volumen im allgemeinen ein bedeutenderes ist, als in den späteren, obgleich sie sowohl hier, als auch dort keine gleichmäßigen sind.

Die stündlichen Quantitäten des in den Anfangsteil des Jejunums gelangenden Chymus nehmen im Verlaufe der Verdauungsperiode allmählich ab und zeigen nur gegen Ende derselben eine geringe Steigerung, was mit dem Übergang von Fettresten in den Darm im Zusammenhange steht.

Was die chemische Zusammensetzung des Chymus anbetrifft, so verändert er sich im Laufe der Verdauungsperiode, wie das ja auch auf Grund der oben beschriebenen Eigenschaften der im Magen enthaltenen Nahrungsgemische zu erwarten war. Mit bloßem Auge beobachtet man Folgendes. 3—5 Minuten nach der Nahrungsaufnahme fließt aus der Fistel des Hundes ein heller, gelblicher Strahl alkalisch reagierender Flüssigkeit heraus, bald jedoch, etwa nach 2 Minuten, wird die Flüssigkeit trübe und zeigt saure Reaktion. Die Trübung der Flüssigkeit hängt davon ab, daß die Gallenpigmente durch den Magensaft gefällt werden. 10 Minuten nach Beginn des Versuches wird das Exkret noch trüber, weil sich ihm der Fleischbrei beimengt: auf kleine und helle Strahlen und Tropfen folgt im Laufe von ca. 2 Stunden ein sowohl an Quantität,

Tabelle LXXIII.

Versuchs- No. resp. Viertelstunde	stunde	Gewicht d. Chymus in g der Viertelstunden	Gewicht d. Chymus in g der einzelnen Stunden	Zusammensetzung des Chymus: Verhältnis (%) des N der koagulierbar. Substanzen zum N der betr. Stundenportion	Zusammensetzung des Chymus: Verhältnis (%) der Stärke der betr. Stundenportion zu den gesamt. Kohlehydraten derselben	Zusammensetzung des Chymus: % Gehalt der fettigen Substanzen an Neutralfetten	Verhältnis (%) zwischen der betr. Stundenportion und dem gesamten Versuchschymus: N	Verhältnis (%) zwischen der betr. Stundenportion und dem gesamten Versuchschymus: Kohlehydrate	Verhältnis (%) zwischen der betr. Stundenportion und dem gesamten Versuchschymus: Fette
1		92							
2	I.	33	256	46	91	77	25	17	20
3		63							
4		67							
1		81							
2	II.	31	177	68	95	81	17	27	17
3		27							
4		38							
1		71							
2	III.	15	127	46	92	77	10	13	10
3		8							
4		33							
1		54							
2	IV.	23	90	55	90	78	8	8	4
3		8							
4		5							
1		49							
2	V.	11	115	47	92	77	9	10	12
3		38							
4		17							
1		34							
2	VI.	0	87	58	88	79	11	9	8
3		36							
4		17							
1		14							
2	VII.	24	49	33	87	77	4	5	4
3		8							
4		3							
1		14							
2	VIII.	24	49	33	87	77	4	4	4
3		8							
4		3							
1		6							
2	IX.	14	28	67	97	72	4	3	6
3		8							
4		0							
1		18							
2	X.	1	30	56	88	75	2	1	6
3		8							
4		3							
1		30							
2	XI.	9	72	69	87	—	5	3	10
3		23							
4		10							
Im Ganzen			1180				77%	44%	
„ Mittel				53	90	77			

als auch an Volumen bedeutenderer trüber Ausfluß, hierauf bemerkt man im Exkret kleine Klümpchen unverdauten Fleisches, welche solange ausgeschieden werden, bis die Fleischverdauung dauert. Die chemische Analyse ergibt, daß, obgleich die absoluten Werte des Gesamtbestandes an Nahrungskomponenten in den stündlichen Portionen während des ganzen Verdauungsprozesses abnehmen, der relative Gehalt an verdauten Produkten, resp. unverdauten Überrestern für sämtliche Komponenten im Laufe der ganzen Verdauungsperiode ein ziemlich konstanter bleibt: die durch Hitze koagulierteren Teile machen im Durchschnitt ca. die Hälfte sämtlicher vorhandener Stickstoffsubstanzen, die Stärke ca. $^9/_{10}$ sämtlicher vorhandener Kohlehydrate und neutrales Fett ca. $^3/_4$ sämtlicher Fettprodukte aus.

Freilich schwanken diese Zahlenwerte in Abhängigkeit von der Individualität des Tieres. Um zu erfahren, wie groß diese individuellen Schwankungen sind, wurde an 3 weiteren, mit einer Fistel im Anfangsteile des Jejunums versehenen Hunden ein gleichzeitiger Versuch angestellt. Einem jeden Hunde wurden 400 g Fleisch, 100 g Stärke und 30 g Schweinefett verabfolgt. Die Fistel stand zu gleicher Zeit im Laufe von 15' während der zweiten und vierten Stunde offen. Die Analyse der gewonnenen Chymusportionen beweist, wie aus beifolgender Tabelle zu ersehen ist, daß der Verdauungschemismus bei den zufällig zum Versuch verwandten 3 Hunden durchaus kein gleichartiger ist. Es fragt sich nun, inwieweit die Zahlen des angeführten Grundversuches der Norm des betreffenden Hundes entsprechen. Die normalen Verhältnisse sind im gegebenen Versuche in dem Sinne verändert, daß die Fistel jede Stunde im Laufe von 15 Minuten geöffnet wurde. Um zu verfolgen, inwieweit diese Störung der normalen Verhältnisse auf den Verlauf des Verdauungsprozesses einwirkt, wurde an demselben Hunde ein anderer Versuch angestellt, in welchem die Fistel nicht jede Stunde, sondern alle 2 Stunden für die gleiche Zeit geöffnet wurde. Die Ergebnisse des Versuches beweisen, daß durch Verlängerung der Zwischenräume zwischen den Momenten, in denen die Fistel eröffnet wurde, der Verlauf der Exkretion sich durchaus nicht veränderte. Im Gegenteil erfuhr der Verlauf des Verdauungsprozesses unter der Bedingung, daß die Fistel im Laufe der ganzen Verdauungsperiode geöffnet war (vergl. die Tabelle LVII und Kurve Fig. 28) eine anormale Beschleunigung.

Drei unter diesen Bedingungen vorgenommene Versuche führten zu identischen Ergebnissen, — eine schroffe Veränderung. Ein Vergleich der Ergebnisse beider Versuche ermöglicht eine Beurteilung der Rückwirkung des Darmes, vom Jejunum angefangen, auf die höher gelegenen Abschnitte des Verdauungsapparates. Vor allem ersieht man aus den

Tabelle LXXIV.

Verfüttert: 400 g Fleisch, 100 g Stärke, 50 g Fett.

Stunden des Versuches	Viertelstunden des Versuches	Mengen des Chymus in g	Stickstoff: Gesamtmenge der Chymusportion in g	Stickstoff: Koagulierbare Substanzen in %	Kohlehydrate: Gesamtmenge der Chymusportion in g	Kohlehydrate: Stärkegehalt in %
	1	58	0,38		2,65	
	2	81	1,77	57	10,80	91
I	3	189	2,64		11,90	
	4	217	2,12		9,91	
	1	218	1,35		5,97	
	2	103	0,85	68	6,42	87
II	3	98	0,56		4,60	
	4	93	2,19		3,07	
	1	69	0,48		2,40	77
III	2	35	0,41	51	2,94	
	3	46	0,52		3,04	
	4	70	0,22		1,78	
IV	1	24	} 0,54	31	3,78	57
	2	48				
Zusammen		1349	-			

Tabelle LXXV.

Stunden	I				II				III			
Viertelstunden	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
No. 3	19	19	17	19	18	16	5	8	7	5	4	2
No. 4	10 } 13	10 } 16	9 } 16	11 } 17	11 } 13	17 } 15	17 } 11	9 } 8	7 } 9	13 } 4	6 } 4	4 } 3
No. 5	9	18	22	22	10	12	12	7	14	5	3	3
No. 1	9	32	29	13	16	39	17	12	16	16	21	12
}	13	28	27	20	17	31	20	18	19	14	19	12
No. 2	17	23	25	26	18	22	22	24	22	11	16	11
No. 6						26				15		

Stunden	IV				V				VI				VII			
Viertelstunden	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
No. 3	3	0														
No. 4	5 } 4	0														
No. 5	3	5														
No. 1	18	14	12	11	11	15	13	8	6 {	5 {	4 {	4 {	6	3	8	8
}	15	17	12	14	11	13	13	9					9	6	8	8
No. 2	16	19	11	17	11	11	12	9					11	8	8	12
No. 6							14				14					

betreffenden Versuchsprotokollen, daß bei beständig geöffneter Fistel schon zu Beginn des zweiten Viertels der ersten Stunde nach Einführung der Nahrung sich im Exkrete unverdaute Fleischstückchen zeigen, während sie sich bei unterbrochener Sammelung von Chymus, was augenscheinlich der Norm näher steht, erst in der dritten Verdauungsstunde zeigen.

Der Charakter der Chymusfortbewegung ist in beiden Fällen ein ganz verschiedener. Bei zeitlicher Ausschaltung des unterhalb des Jejunumanfangsteiles gelegenen Darmabschnittes bewegt sich der Chymus in selten auf einander folgenden, jedoch langen Wellen fort; unter Bedingungen aber, die der Norm näher stehen, sind die Wellen häufiger, jedoch niedriger, sodaß die Verdauungsperiode anstatt 3—4, 12 Stunden dauert.

Der Anfangsteil des Jejunum ist, wie aus dem Mitgeteilten hervorgeht, der Ort der lebhaftesten Fortbewegung des Chymus. Derselbe hat außerdem hier die komplizierteste Zusammensetzung. Einerseits enthält er reichliche Reste unverdauter Nahrung, sowie Produkte ihrer Verdauung; andererseits ist ihm fast die ganze Masse der auf die Nahrung ausgeschiedenen Verdauungssäfte beigemischt. Hier sind gleichsam wie in einem Brennpunkte sämtliche wichtigsten Verdauungsprozesse konzentriert; es ist daher am besten, von diesem Punkte aus einen allgemeinen Überblick über die Arbeit des Verdauungsapparates zu machen. In Anbetracht dessen muß der Fistel im oberen Jejunumabschnitt in allen ähnlichen Fällen, wie aus Folgendem ersichtlich, der Vorzug gegeben werden vor den Fisteln der anderen Abschnitte.

3. Die selbstständige Absonderung verschiedener Verdauungsdrüsen unter dem Einflusse der im Darm unterhalb der ersten Jejunumschlingen erfolgenden Prozesse nach Versuchen am „panchymotischen“ Hunde.

Der in das Jejunum übertretende Chymus hat in seiner allgemeinen Masse eine saure Reaktion, und erst in einer Entfernung von ca. 1 Meter vom Pylorus wird er neutral und noch weiter alkalisch. Die Nahrungssubstanzen befinden sich in ihm teilweise in noch intaktem Zustande, teilweise im Zustande einer Degradation verschiedenen Grades, so daß von denselben die Möglichkeit einer mechanischen und chemischen Beeinflussung möglich ist. Um einigermaßen in den hier vor sich gehenden komplizierten Beziehungen Klarheit zu erlangen, wurde eine Serie von Versuchen[46]) am „panchymotischen“ Hunde (S. 48) in folgender Weise angestellt. Nach der Ausrüstung des Hundes wurde derselbe für eine Stunde im Gestell gelassen zwecks einer Beobachtung der Tätigkeit der

Verdauungsdrüsen unter den gegebenen Verhältnissen. Darauf wurde im Verlaufe von 5 Minuten 50 ccm. Pepton Witte eingeführt und während einer Stunde der Verlauf der Saftausscheidung beobachtet. In derselben Form folgte darauf die Beobachtung der Saftausscheidung nach der Injektion einer sauren (*HCl* $\frac{n}{10}$) und alkalischen (6 °/₀ *NaHCO*$_3$) Lösung desselben Peptons (5 °/₀). Es war folgendes Resultat (Tabelle LXXVI) erhalten worden: 1. Die Drüsen des Verdauungstractes selber ergaben keinerlei Reaktion auf die Versuchslösungen; die Ausscheidung des Magens z. B. stellten ein Gemisch von Schleim und Speichel dar. 2. Die Nebendrüsen im Gegenteil reagierten, wobei die durch Einführung einer wässrigen Lösung von Pepton Witte hervorgerufene Gallenabsonderung, durch eine Ansäuerung dieser Lösung mit Salzsäure (bis zu $\frac{n}{10}$) durchaus nicht verändert wurde, und gar nicht erfolgte, wenn das Pepton durch Soda alkalisiert worden war. 3. Das in gewöhnlichem oder mit 6 °/₀ Soda versetztem Wasser gelöste Pepton, rief keinerlei Reaktion von Seiten des Pankreas hervor; eine Reaktion erfolgte nur nach Zusatz von Salzsäure. Die Ausscheidung des Pankreas- und Darmsekretes unabhängig von der Injektion muß einerseits als eine Erscheinung spontanen Charakters, andererseits möglicherweise als eine Folge einer mechanischen mit der Versuchsanordnung zusammenhängenden Einwirkung angesehen werden.

Aus den erhaltenen Befunden folgt jedenfalls, daß mit der Änderung der chemischen Reaktion des Chymus im Jejunum auch sein Einfluß auf die Ausscheidung der Galle und des Pankreassaftes sich ändert. Solange die Reaktion sauer oder neutral ist, erfolgt eine Gallenabscheidung auf die komplizierteren Eiweißderivate; wird die Reaktion stark alkalisch, so sistiert diese Einwirkung. Solange die Reaktion eine saure ist, ruft der Chymus eine Secretion des Pankreassaftes hervor, wird die Säure neutralisiert, so hört die Erregung dieses auf. Jedoch auch rein mechanische Faktoren können in einem gewissen Maße die Absonderung des Pankreas sowie des Darmsekretes bewirken (vergl. S. 154). —

4. Aufeinanderfolgende Kombination der Nahrungsmittel.

Oben (pag. 96) ist auf Grundlage des Studiums des Mageninhaltes der Schluß gemacht worden, daß bei aufeinanderfolgender Kombination verschiedener Speisearten der Verlauf der Magenentleerung zunächst bestimmt wird durch die mechanischen Verhältnisse, welche sich zwischen den kombinierten Speisearten etablieren und daß bei einer Kombination derartiger Speisearten wie Milch und ausgekochte Fleischstücke der Verlauf der Magenentleerung von der Aufeinanderfolge der Kombination abhängig ist. Wurde[47]) z. B. die Milch vor dem Fleische eingegeben, so

Tabelle LXXVI.

Nummer des Versuches	Magenausscheidung: Menge in ccm und ( ) Verdauungskraft nach Mett in mm				Galle: Menge in ccm und ( ) Trockensubstanz in g				Pankreassaft: Menge in ccm N [ ] und ( ) Verdauungskraft nach Mett in mm				Darmsaft: Menge in ccm und (g) Verdauungskraft in mm abgespaltenen Amid-N			
	vor	nach			vor	nach			vor	nach			vor	nach		
	der Einspritzung von **Wittepepton** gelöst in															
		Wasser	HCl	$NaHCO_3$		Wasser	HCl	$NaHCO_3$		Wasser	HCl	$NaHCO_3$		Wasser	HCl	$NaHCO_3$
I	0	5	3 (0)	—	0	18 (2,98)	11 (0,3)	0	7 [—]	9 [—] (4)	29 [—] (4)	—	8 (1,8)	1 (2,0)	1 (1,9)	—
II	0	0	12 (0)	13 (0)	0	9 (0,59)	22 (1,1)	0	12 [23] (2)	7 [16] (2)	32 [50] (1)	10 [12] (2)	5 (2,4)	5 (2,7)	3 (2,3)	2 (2,6)
III	3 (0)	3 (0)	3 (0)	3 (0)	—	30 (4,6)	10 (0,5)	0	13 [31] (2)	14 [—] (3)	34 [60] (2)	14 [31] (2)	4 (1,3)	5 (2,0)	2 (2,0)	3 (2,6)

erwies sich im Magen nach 3 Stunden weniger Zucker (5 % gegen 19 %) und mehr Fett (63 % gegen 49 %) als bei umgekehrter Folge. Dieser Umstand gibt jedoch keine Veranlassung zur Annahme, daß diese relative Geschwindigkeit der Entleerung sich im Verlaufe der ganzen Verdauungsperiode erhält. Die physikalisch-chemischen und mechanischen Bedingungen, welche hier den Verlauf des Vorganges bestimmen, wechseln nämlich beständig, abhängig davon, wechselt auch der Verlauf der Entleerung. Die Beobachtung der Exkretion aus der oberen Jejunumfistel erweist tatsächlich, daß in der ersten Viertelstunde aus dieser Fistel die gleiche Chymusmenge (190 ccm. und 190 ccm.) mit gleichem Zuckergehalt (5,97 gr. und 5,90 gr.) ausgeschieden wird unabhängig von der Aufeinanderfolge, in welcher diese Nahrungsmittel dem Hunde verabreicht wurden. Fett erwies sich bei Eingabe von Milch in größerer Menge als bei Eingabe von Fleisch (1,562 gegen 0,229); in der letzten ungefähr 4 Stunden nach der Fütterung entnommenen Portion, erwies sich der Chymus in beiden Fällen in seinem Bestande fast vollkommen gleich.

Tabelle LXXVII.

Portion der Fistelausscheidung	Nahrung	Menge des gewonnenen Chymus	Stickstoff unkoagulabler Substanzen	Stickstoff koagulabler Substanzen	Zucker	Fett
		ccm	g	g	g	g
I	Milch	290	0,879	0,309	5,97	1,562
II		109	0,502	0,140	0	1,876
III	Fleisch	64	0,213	0,063	0	0,168
I	Fleisch	290	0,560	0,026	5,90	0,299
II		30	0,420	0,038	0	0,164
III	Milch	36	0,220	0,161	0	0,160

5. Die Bedeutung der Säure- und Alkalizufuhr.

In Parallele mit den oben angestellten Versuchen an Hunden mit einer Magenfistel (S. 125) war eine Reihe von Versuchen an zwei Hunden mit oberen Jejunumfisteln angestellt.[48]) Beide Hunde hatten auch eine Magenfistel, im übrigen war der eine vollkommen normal (I), während dem anderen (II) vor 2 Jahren der gesamte Pylorusabschnitt des Magens mit dem Pylorus entfernt und eine nachfolgende Gastroduodenostomie ausgeführt worden war. Den Hunden wurde zum Versuch entweder nur Fleisch allein (200 g), oder mit Zusatz von 50 ccm $\frac{n}{5}$ *HCl* oder 7 g Soda verabreicht. Im Resultate erwies sich folgendes:

Die Fistel des normalen Hundes excernierte lebhafter als beim antrumlosen Hunde, bei welchem, wie wir bereits wissen, die Verdauung

bedeutend herabgesetzt ist. Im allgemeinen wurde in 4 Stunden beim ersten Hunde 256 ccm ausgeschieden mit einem Stickstoffgehalt von 42 % im Verhältnis zum N der Nahrung. Ein Teil dieses Stickstoffs muß natürlich auf die Verdauungssäfte bezogen werden. Beim zweiten Hunde wurden in derselben Zeit nur 150 ccm ausgeschieden. Dieser Unterschied hängt nicht von einer verstärkten Resorption im Darme oberhalb der Fistel ab, sondern von einer verlangsamten Magenarbeit, worauf der dreifach größere Stickstoffgehalt (87 % gegen 27 %) bei ihm im Magen hinweist. Der Zusatz von Salzsäure zur Nahrung, resp. die Zunahme der Acidität des Mageninhalts führte bei beiden Hunden, zu einer Verstärkung der Sekretion im oberen Jejunum, mehr jedoch beim antrumlosen Hunde als beim Kontrolltier, sodaß beim ersten innerhalb 4 Stunden 356 ccm, beim zweiten 379 ccm Chymus ausgeschieden wurden. Diese verstärkte Exkretion beim Kontrollhunde erfolgte in beträchtlichem Maße infolge einer verstärkten Sekretion transpylorischer Säfte — vorwiegend des Pankreassekretes unter der Einwirkung der vermehrten Salzsäure.

Tabelle LXXVIII.

Verdanungsstunden	Menge in ccm						Gesamt-N in % des Nahrungs-N						Stickstoff der koagulierbaren Substanzen in % zum N der betreffenden Chymusportion					
	K		*HCl*		Na_2CO_3		*K*		*HCl*		Na_2CO_3		*K*		*HCl*		Na_2CO_3	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Darmausscheidung																		
1	88	20	100	87	150	70	12	2	11	9	13	12	27	5	19	19	13	27
2	82	58	108	100	190	167	18	7	13	10	17	27	35	15	26	24	9	30
3	48	25	95	109	110	85	8	4	17	16	20	11	9	53	42	19	26	40
4	88	47	53	83	105	75	6	5	6	18	16	11	25	20	16	34	31	35
5	(25)	(40)					(3)	(3)					(39)	(33)				
Im ganzen	256	150	356	379	555	397	42	17	46	47	65	60						
Mittelwerte													29	24	29	26	20	32
Magenrest							27	81	19	41	8	40	72	68	66	67	24	85

Die Entleerung des Magens hat jedoch beim normalen Hunde augenscheinlich keine Veränderung erfahren, denn aus der Darmfistel wurde fast ebensoviel Stickstoff (46 %) als ohne Salzsäure und mit demselben Gehalte an koagulierbaren Substanzen (29 %) ausgeschieden, während im Magen nur um ein geringes weniger Nahrungsreste vorhanden waren (19 %) als bei Verabreichung von Fleisch allein (27 %). Ein anderes Resultat ergab der antrumlose Hund: hier bewirkte die Säure eine beträchtliche Intensitätssteigerung des Verdauungsprozesses: das Fistel-

exkret erwies sich mehr als um das Doppelte vermehrt — 379 ccm statt 150 ccm, während Stickstoff in ihm zu 47 % statt 17 % beim Kontrolltier ausgeschieden wurden, mit anderen Worten hinsichtlich des Stickstoffgehaltes kam der Chymus der Norm gleich, dementsprechend hatte der Rest im Magen um das Doppelte an Menge abgenommen (41 % statt 81 %). Der Grad des Abbaues der gelösten Eiweißderivate blieb gleichfalls der normale.

Wenn der Zusatz von Salzsäure zur Nahrung keine merkbaren Veränderungen in der chemischen und motorischen Arbeit des oberen Abschnittes des Verdauungstraktus gesetzt hat, so hat Soda im Gegenteil einen recht deutlichen Effekt verursacht bei beiden Hunden und zwar in einer Richtung — im Sinne einer Verstärkung sämtlicher Verdauungsprozesse. Aus der Darmfistel wurde beim Kontrollhunde eine an Gewicht fast dreifache, beim antrumlosen doppelte Masse ausgeschieden, als solche eingegeben worden war (555 ccm und 347 ccm) mit 65 % — 60 % Stickstoff im Verhältnis zu seinem Gehalt in der Nahrung, während im Magen im Augenblicke der Unterbrechung des Versuchs beim Kontrollhunde 8 %, beim antrumlosen 40 % vorhanden waren.

Im allgemeinen resultiert somit, daß unter den Bedingungen des angestellten Versuches die Salzsäure keinen Einfluß ausübt beim normalen Hunde, während sie beim antrumlosen Hunde den Verlauf der Verdauung verstärkt; Soda übt jedoch eine Einwirkung im letzteren Sinne auf beide Hunde aus. Da aus den oben angeführten Versuchen (S. 168) hervorgeht, daß Soda nicht vom Dünndarm aus die Sekretionsarbeit der oberen Abschnitte des Darmtraktus verstärkt, so wird die Vorstellung gewonnen, daß der wahrgenommene Einfluß vom Magen ausgeht; in Beurteilung der gleichen Resultate bei beiden Hunden und dem intensiveren Einfluß auf den normalen Hund muß angenommen werden, daß die erregende Wirkung der Soda auf den Fundus und vielleicht aber auch auf den Pylorusteil des Magens gerichtet ist. Die Salzsäure übt augenscheinlich auf beide Magenabschnitte entgegengesetzte Wirkung aus, eine erregende auf den Fundusabschnitt und eine hemmende auf den Pylorusabschnitt.

Die oben angeführten Versuche mit ausgekochtem Fleischpulver (S. 125) ergaben ein anderes Resultat als die soeben angeführten. Ein Unterschied beider Versuchsserien besteht nicht nur in der Form der Nahrung, sondern auch darin, daß in ersteren zur Nahrung nicht Soda in Substanz, in Pulverform, zugesetzt wurde, sondern in einer $\frac{n}{5}$ Lösung. Möglicherweise ist natürlich der Grund der Verschiedenheit der Resultate nicht in dem Unterschied der Versuchsanordnung zu suchen; es müssen daher weitere ausführlichere Forschungen abgewartet werden, um den endgültigen Gesichtspunkt für diese Verhältnisse festzustellen.

Chymologie des mittleren Jejunums.

Zum Studium der chymologischen Verhältnisse des mittleren und namentlich des unteren Jejunumabschnittes muß man sich je nach Bedarf der Methoden einer ununterbrochenen Fistelexkretion bedienen. Fließt der Chymus in ausgiebiger Menge ab, wie z. B. bei Milchfütterung, so kann die vollständige Ausschaltung des unteren Darmabschnittes auf den Gang des Verdauungsprozesses nicht ohne Einfluß bleiben, und dieses trifft umso sicherer ein, je niedriger die Fistel angelegt ist; bei verhältnismässig geringer Exkretion wird der natürliche Gang des Verdauungsprozesses durch eine beständig offen stehende Fistel weniger beeinträchtigt, so daß letztere diese Prozesse derartig wiedergibt, wie sie der Norm mehr oder weniger entsprechen.

α. **Eiweißkörper.**

Das Studium der Jejunumchymologie bei reiner Eiweißnahrung beweist vor allem, daß unter normalen Bedingungen der erste Teil des Verdauungsprozesses, d. h. die Lösung von Eiweißstoffen im Sekretionsabschnitte des Verdauungskanals bei weitem nicht in vollem Maße zu stande kommt, daß ein Teil dieser Arbeit im Gegenteil noch unterhalb des Jejunums stattfindet. Da eine Beimengung des Stickstoffs der Körpersäfte eine genaue Bestimmung des Gehaltes an verschiedenen Arten von Nahrungseiweiß im Chymus nach dem Stickstoffgehalte erschwert, so wählt man sich mit Vorliebe solch ein Nahrungseiweiß, welches seinem chemischen Bestande nach den Stickstoffsubstanzen von tierischen Säften am Fernsten steht. In dieser Beziehung ist ein Pflanzeneiweiß, das Gliadin, besonders geeignet, zumal als jener in quantitativer Beziehung besonders charakteristische Bestandteil, die Glutaminsäure, einer ziemlich genauen quantitativen Analyse zugänglich ist. Scheidet man also aus dem betreffenden Chymus die unverdauten Teile aus und bestimmt man in ihnen den Gehalt an Glutaminsäure, so kann man, da ihr Gehalt im Nahrungseiweiß bekannt ist, ziemlich genau bestimmen, wieviel von dem Ausgangsmaterial, d. h. dem Gliadin der Nahrung, im gegebenen Gemisch enthalten ist.

Mit Gliadin wurden 2 Reihen von Versuchen an einem Hunde[7]), welcher mit einer Fistel im mittleren Teile des Jejunums, in einer Entfernung von ca. 1 Meter vom Pylorus, versehen war, vorgenommen. Dem Hunde wurde in 4 Versuchen ein mit Fleischwasser gekochter Gliadinbrei (100 g Gliadin und 480 ccm Fleischwasser = 13,88 g N) verabfolgt. Der Chymus wurde jede Stunde gesammelt und analysiert. In der Tab. LXXIX sind die Durchschnittswerte von 3 Versuchen wiedergegeben.

Jede Portion wurde schwach angesäuert, durch fließenden Dampf gefällt, filtriert und auf ihren Stickstoffgehalt analysiert, in der vom Filter gesammelten und getrockneten Substanz aber der Gehalt an Glutaminsäure bestimmt.

Tabelle LXXIX.

Verdauungsstunden	Gesamte N-Menge der Chymusportion in g	Gesamte N-Menge der Chymusportion in %	N-Gehalt der koagulierbaren Substanzen in % zum Gesamt-N der Chymusportion	Gehalt von unverdautem Gliadin nach der Glutaminsäure berechnet in %
1	3,42	36	40	
2	3,72	40	45	
3	0,95	10	32	12
4	0,71	8	32	
5—7	0,49	5	34	

Aus diesen Zahlen ersieht man, daß, wie man auf Grund alles dessen, was oben über die Modifikationen der Arbeitsintensität des höher gelegenen Magendarmabschnittes in der Zeit berichtet worden war, erwarten könnte, entsprechend der Entwicklung des Verdauungsprozesses sich dessen Intensität vermindert; hierbei bleibt jedoch der relative Gehalt an koagulierbaren Stickstoffsubstanzen im Chymus ein beinahe konstanter (34%—45%). Weiter ersieht man, daß der Jejunalchymus noch eine verhältnismäßig bedeutende Menge von durch Fermente gar nicht berührten Nahrungseiweiß enthält. In der gegebenen Versuchsseite betrug dieselbe 12%; beim natürlichen Verlauf des Prozesses wäre sie vielleicht geringer, jedoch wohl kaum bedeutend, denn, wie das aus dem weiteren zu ersehen ist, können unverdaute Gliadinüberreste noch im Ileum in einer Menge von 5 bis zu 7% konstatiert werden.

Da die Reaktion des Darminhaltes bis zum mittleren Jejunumabschnitte in der Gesamtmasse eine schwachsaure bleibt, so kann von dieser Seite augenscheinlich kein Hindernis dafür bestehen, daß das Pepsin seine Wirkung äußert; bedenkt man jedoch, daß die Galle die Magensafttätigkeit um ein Bedeutendes behindert, so kann man letzterer hier wohl kaum eine Bedeutung einräumen. Für die Fermentwirkung des Pankreassaftes bietet die saure Reaktion des Chymus kein bedeutendes Hindernis, wie man dieses aus folgendem Versuche, welcher mit einem natürlichen Sekretgemische (aus beiden Papillen zugleich) vorgenommen wurde, ersehen kann. Die Versuche[44]) bestanden darin, daß verschiedene Duodenalsäfte, welche nach den oben erwähnten Methoden gewonnen waren, in verschiedenen Proportionen mit Magensaft aus dem kleinen Magen vermengt wurden und bestimmt wurde, wie sich hierbei ceteris paribus die Fermentkraft verändert.

Der zum Versuche gewonnene Saft enthielt so viel Alkali, daß 5 ccm desselben durch 1,4 ccm des betreffenden Magensaftes vollständig neutralisiert wurden (Lackmoid). Auf diese Weise war dann auch das neutrale Gemisch zusammengestellt; für das saure Gemisch nur eine doppelte Menge Magensaft (3 ccm), für das schwachalkalische eine halb so große (0,75 ccm) hinzugesetzt worden. Alle Proben besaßen ein gleiches Volumen. Die Proteolyse wurde durch den Überschuß an Amidstickstoff im Eiweißwasser (siehe oben S. 142) nach 24 Stunden, die Lipolyse durch die Steigerung der Azidität durch Olivenöl und die Amylolyse durch Abspaltung von reduzierenden Substanzen von Amylodextrin gemessen.

Tabelle LXXX.

Wirkung des Fermentes	Nummer der Versuche	Gemisch saures	neutrales	schwachalkalisches	normales
Peptolyse (mg Amid-N)	I	0,84	1,26	2,10	2,66
	II	0,56	1,12	1,82	2,24
Amylolyse (mg Zucker)	I	1,21	1,02	1,14	3,0
	II	1,07	1,42	1,34	2,6
Lipolyse (ccm $^n/_{10}$ $NaOH$)	I	18	71	80	86
	II	46	50	57	204

Die Ziffern der Tabelle zeigen klar, daß der natürliche Saft am stärksten auf Eiweißstoffe sowohl als auch auf Kohlehydrate und Fette wirkt. Die Wirkung aber sinkt, sobald die Alkaleszenz des Saftes durch den Magensaft abgestumpft wird. Am schwächsten wirkt der Saft bei der angegebenen sauren Reaktion.

1. Spaltungsgrad.

Der Grad der Eiweißspaltung im Jejunum wurde ebenfalls vor allem nach dem Gehalte an freien Aminosäuren in den unkoagulierbaren Stickstoffchymusprodukten bestimmt, wie dieses auch beim Duodenalchymus der Fall war.

Tabelle LXXXI.

Eiweißart der Nahrung	Gehalt an Monoaminosäuren in % zu der aschefreien Trockensubstanz der löslichen Chymusprodukte aus den Esterfraktionen I	II	III	Verhältnis zwischen Tyrosin und Glutaminsäure (= 100) im Duodenalchymus durch Phosphorwolframsäure fällbar.	Duodenalchymus nicht fällb.	Jejunalchymus fällb.	Jejunalchymus nicht fällb.
Fleisch	2	0,06	1,7	—	—	—	—
Edestin	—	—	—	8 : 100	60 : 100	3:100	56 : 100
Casein	—	—	—	28 : 100	35 : 100	20:100	131 : 100
Eieralbumin	0,26	0,09	0,61	—	—	—	—
Gliadin	1,0	0,15	2,25	37 : 100	—	7:100	—

Ein Vergleich der gegebenen Zahlenwerte beweist vor allem, daß der Jejunalchymus jedenfalls an Aminosäuren nicht reicher ist, als der Duodenalchymus, daß freie Aminosäuren überhaupt auch hier nur in unbedeutender Menge enthalten sind, daß die Verteilung der Aminosäuren in verschiedenen Eiweißderivaten, soweit man dieses auf Grund der Zahlenwerte für den Tyrosin- und Glutaminsäuregehalt in Verbindung bringen kann, welche durch Phosphorwolframsäure gefällt werden oder nicht, für verschiedene Eiweißarten eine verschiedene bleibt und sich von den Eiweißderivaten des Duodenalchymus unterscheidet.

Um die Eiweißabbauprodukte im Jejunalchymus möglichst vollständig zu charakterisieren, wurden eine Reihe von Untersuchungen [12]) unternommen zwecks Bestimmung der Peptidzahl (Prozentgehalt des Peptid-*N*) des Stickstoffes in den durch Hitze nicht koagulierbaren Produkten vom Chymus, welcher bei Fütterung mit verschiedenen Eiweißarten, wie z. B. Pferdefleisch, Hundefleisch und Fibrin genommen war. Die erstere ergab die Zahl 77, die zweite 75 und die dritte 73, im Durchschnitt also 75; das heißt, daß von dem Gesamtstickstoff, welcher bei vollständiger Spaltung sämtlicher im Chymus enthaltener Verdauungsprodukte mit Formol titriert werden kann, nur ein Viertel in Amidform vertreten ist. Es ist interessant, daß in dieser Beziehung zwischen artfremden und arteigenem Eiweiß kein Unterschied besteht. Jedenfalls aber weisen die Verdauungsprodukte des Jejunums im Vergleich zu denjenigen des Magens (von 89 bis auf 95) ein bedeutendes Fortschreiten auf. Da im Darme Trypsin und Erepsin wirken, so war es erwünscht, festzustellen, welches von diesen Fermenten hauptsächlich an diesem Prozeß der Degradation des Eiweißmoleküls im Darmlumen teilnimmt.

Zur Aufklärung dieser Frage wurden einige Versuche am „Resorptionshund" angestellt, bei dem sich die proximale Fistel im Duodenum jenseits der zweiten Pankreaspapille befand und die distale ca. 80 cm tiefer im Jejunum. In 3 Versuchen wurden durch den betreffenden Darmabschnitt $5^0/_0$ ige Lösungen von Albumosen resp. Peptonen samt Restkörpern, die aus dem Magenbrei eines Magenfistelhundes bei Eiereiweißfütteruug gewonnen waren, im vierten Versuch Darmverdauungsprodukte eingeführt. Eine Hälfte der Versuchsflüssigkeit wurde als solche eingeführt, so daß die Versuchssubstanz nur der Wirkung des sich absondernden Darmsaftes ausgesetzt war; zur anderen Hälfte jedoch wurde vor der Einverleibung zymogener Pankreassaft hinzugefügt. Sowohl in der einzuführenden Flüssigkeit, wie in der aus der distalen Fistel gewonnenen, wurde der Gesamt-*N* und der formoltitrierbare *N* bestimmt.

Tabelle LXXXII.

Eingeführte Verdauungsprodukte	Verhältnis zwischen dem formoltitrierbaren N und dem Gesamt-N (in %) in der Flüssigkeit eingeführte	wieder gewonnen mit Pankreassaft	wieder gewonnen ohne Pankreassaft
Magenalbumose	9	18	18
Magenalbumose	7	16	17
Magenpepton	20	17	21
Darmprodukte	25	25	29

Die Tabelle zeigt, daß die Eiereiweißmagenalbumose, beim Durchgang durch den pankreassaftlosen Darmabschnitt, an formoltitrierbarem N reicher wird (16—18 % anstatt 7—9) und der Zusatz von Pankreassaft keine merkbare Wirkung in dieser Hinsicht ausübt. Was die Peptone betrifft, so ergab die aus der Jejunumfistel erhaltene Flüssigkeit denselben Prozentgehalt an formoltitrierbarem N, wie die in das Duodenum eingeführte. Das Hinzufügen von Pankreassaft rief auch hier keine Wirkung hervor. Auch beim Durchleiten von Darmverdauungsprodukten war keine bedeutende Steigerung von formoltitrierbarem N zu merken.

Diese Versuche ergeben, daß wenigstens im oberen Jejunum der Darmsaft, nicht aber der Pankreassaft, für die Degradation von Eiweißprodukten im Darme von vorwiegendem, vielleicht sogar ausschließlichem Werte ist. Der Pankreassaft spielt augenscheinlich die vorwiegende Rolle eines Agens, welches diejenigen Eiweißsubstanzen verdaut, die von Pepsin unberührt geblieben sind und den Magen verlassen haben.

Resorption.

Der Grad der Resorption von Eiweißabbauprodukten ist im oberen Jejunum von der Art der Nahrung ceteris paribus nur wenig abhängig. In beifolgender Tabelle finden sich Zahlenangaben (Durchschnittswerte aus mehreren Versuchen) über die Differenz im Stickstoffgehalte der dargereichten Nahrung und des Chymus von ein und demselben Hunde, welcher mit einer, 1 Meter vom Pylorus, d. h. ungefähr an der Grenze des oberen Darmdrittels, gelegenen Fistel, versehen war.

Tabelle LXXXIII.

Nahrung (200 g)	N derselben	N des Chymus	Differenz in %
Eiereiweiß[4]) (koaguliert)	3,66	2,89	21
Weißbrot[49]) (weiches)	3,10	2,43	22
Fleisch[50]) (gemahlen)	6,17	4,31	30

Diese Zahlenwerte, welche die Stickstoffdifferenz der dargereichten Nahrung und des gewonnenen Chymus wiedergeben, entsprechen natür-

lich dem Grade der statthabenden Resorption nicht, denn ein gewisser Teil des aus der Fistel ausgeschiedenen Stickstoffes gehört den Verdauungssäften an. Um der Bestimmung dieses Teiles näher zu kommen, verfütterte man [7]) einem anderen Hunde (von größerem Wuchse), welcher an derselben Stelle (1 Meter unterhalb des Pylorus) eine Fistel hatte, in 4 verschiedenen Versuchen einen Gliadinbrei und bestimmte dann in dem jedesmal gewonnenen Fistelexkret den Gehalt an Stickstoff, sowie an Glutaminsäure. Nimmt man die Durchschnittswerte sämtlicher Versuche, so erweist sich, daß die Differenz zwischen Chymuseiweiß und Nahrungseiweiß im Gehalte an Glutaminsäure beträgt 21 $^0/_0$. Zieht man nun alle diese Befunde in ihrer Gesamtheit, sowie auch den Umstand, daß bei ungestörtem Verlauf des Verdauungsprozesses im ganzen Darmkanale die Verdauungs- und Resorptionsprozesse etwas vollständiger ablaufen müssen, in Betracht, so kommt man zu dem Schlusse, daß im oberen Darmdrittel die Resorption von Eiweißprodukten ziemlich schwach vor sich geht. Dieses steht in gewissem Zusammenhang mit dem Befunde, daß in diesem Abschnitte die Fortbewegung des Chymus in verhältnismäßig raschem Tempo stattfindet.

Zwecks Aufklärung der den Resorptionsprozeß im Jejunum charakterisierenden Momente wurde eine Reihe von Untersuchungen an 3 Resorptionshunden unternommen. Der Chymus im Jejunum weist eine ziemlich komplizierte Zusammensetzung auf. Einerseits erhält er Verdauungsprodukte, welche aus dem Magen stammen und der Einwirkung des Darmsaftes noch nicht ausgesetzt waren, andererseits aber Produkte der Einwirkung dieses Saftes, d. h. freie Aminosäuren und einfachere Aminosäurenkomplexe. Weiter findet sich hier Darmsaft, welcher eher den Chymus verdünnt und unter anderem auch resorbiert wird. Schließlich steigern die in Lösung übergehenden Reste von unverdautem Nahrungseiweiß hier und da die Konzentration des Chymus. Aus diesen Gründen verändern sich bei normalem Verlauf des Verdauungsprozesses die Resorptionsbedingungen fortwährend, in einem jeden gegebenen Momente aber müssen die Bedingungen den Resorptionsprozeß in einer bestimmten Richtung lassen.

Zuerst wurden [51]) einem „Resorptionshunde“ (Länge des resorbierenden Darmabschnittes = 120 cm) Produkte der Fleischverdauung aus verschiedenen Abschnitten des Magendarmkanals durchgeleitet und zwar aus dem Magen, dem Duodenum, aus der Mitte des Dünndarms und aus dem Endabschnitt desselben. Außerdem wurden in je einem Versuch reine Glykokolllösung und Verdauungssäfte (Duodenalsäfte — Gemisch von demselben Hunde) benutzt. Dann wurden in 2 Versuchen je 200 ccm gelöste Magenverdauungsprodukte mit je 100 ccm Duodenalverdauungs-

säften eingeführt. Endlich ist noch folgender Versuch angestellt worden. Dem Resorptionshunde wurden 190 ccm Produkte der Fleischverdauung vom Ileumfistelhund eingeführt. Die im Laufe von $1^1/_2$ Stunden ausgeschiedene Flüssigkeit wurde nach Entnahme von 10 ccm zur *N*-Bestimmung (im ganzen 101 ccm) nochmals durchgeleitet, und die im zweiten Fall ausgeschiedene Flüssigkeit zum dritten Mal eingeführt.

In allen Versuchen wurde die Versuchslösung auf 34° C erwärmt und in Portionen von 20—50 ccm in den Darm eingeführt, wobei dieselben in einzelnen Schüben von 2—5 ccm alle 10—15 Sekunden eingespritzt wurden. Auf diese Weise wurde dem natürlichen Mechanismus der Darmperistaltik, wie er sich in Exkretionsversuchen beobachten läßt, gewissermaßen nachgeahmt. Sobald die Ausscheidung aus der distalen Fistel sistierte, wurde die Einführung der Versuchslösung wiederholt.

Tabelle LXXXIV.

Versuchsdauer in Stunden	Menge der eingeführten Flüssigkeit in ccm	Abstammung	*N* der eingeführten Substanz in g	Differenz zwischen dem eingeführten u. ausgeschiedenen Wasser in %	Differenz zwischen dem eingeführten u. ausgeschiedenen *N* in %	*N*-Konzentration (%) in der Flüssigkeit: eingeführten	*N*-Konzentration (%) in der Flüssigkeit: ausgeschiedenen
8	400	Magen	1,2075	59	56	0,30	0,33
1	190	Duodenalsäfte	0,3367	37	31	0,18	0,19
$1^1/_2$	300	200 ccm Magenproduktelösung und 100 ccm Duodenalsäfte	0,8109	59	51	0,27	0,23
2	300	(200 ccm Magenproduktelösung und 100 ccm Duodenalsäfte)	1,2456	62	67	0,42	0,37
$1^3/_4$	180	Duodenum	0,9369	46	36	0,52	0,63
$1^1/_2$	190	Ileum	1,2123	42	52	0,64	0,58
1	101	Exkret aus dem vorigen Versuche	0,5289	35	17	0,58	0,66
1	61	Exkret aus dem vorigen Versuche	0,4048	36	38	0,66	0,70
3	200	Ileocoecalgegend	1,1725	68	62	0,45	0,54
$2^1/_2$	200	Glykokoll	0,9333	40	54	0,40	0,60

Man ersieht aus diesen Zahlen, daß die geprüften Lösungen unter den gegebenen Bedingungen in einer Proportion von ca. 50% resorbiert wurden. Die Bedingungen müssen also als günstig angesehen werden. Es zeigte sich nun, daß bei einer Konzentration der Eiweißverdauungsprodukte, welche ungefähr 5% und geringer ist, das Wasser und die gelösten Substanzen parallel resorbiert werden. Dieses stimmt mit dem, was oben über das Duodenum berichtet worden war, überein. Die im Chymus gelösten Stoffe verlassen das Darmlumen ceteris paribus in gleichem Umfange, ganz unabhängig davon, ob diese Produkte der Magenverdauung oder der Darmverdauung in verschiedenen Ab-

schnitten des Verdauungskanals oder schließlich krystallinische Aminosäuren sind. Die Duodenalsekrete, welche sich den Magenverdauungsprodukten beimengen, fördern wohl, wie oben erwähnt, in diesen die Degradation, beschleunigen jedoch hierdurch die Geschwindigkeit, mit welcher diese den Darm verlassen, nicht. Aus der den Darm passierenden Lösung resorbiert die Jejunumwand bei Weitem nicht Alles, was überhaupt resorbiert werden kann, so daß bei wiederholter Injektion ein und derselben Lösung in einem Darmabschnitt aus ihr immer mehr und mehr Substanz verschwindet.

Resorption der verschiedenen Bestandteile des Chymus.

Der das Jejunum passierende Pankreassaft wird in seinen verschiedenen Teilen ungleichmäßig resorbiert, wenigstens wird von den Fermenten viel weniger resorbiert, als wie vom Wasser oder von den übrigen Stickstoffsubstanzen. Dieses ersieht man aus einem Versuche[44 2]), in welchem die Elemente des Duodenalsäftegemisches vor und nach dessen Passage durch eine Jejunumschlinge verglichen wurden. In Versuch II wurde der Saft langsamer in den Darm eingeführt.

Tabelle LXXXV.

Nummer der Versuche	Menge ccm	Stickstoff g	Fermentwirkung: Peptolyse °/₀ d. Amidstickstoffs (Kasein)	Fermentwirkung: Amylolyse in Milligr. Zucker	Fermentwirkung: Lipolyse in ccm $n/_{10}$ *NaOH*	Menge ccm	Stickstoff g	Fermentwirkung: Peptolyse	Fermentwirkung: Amylolyse	Fermentwirkung: Lipolyse
	des eingeführten Pankreassaftes					des Fistelexkretes				
I	100	0,176	18	29	0,5	83	0,182	34	39	0,7
II	80	0,087	[0,3(Mett.)]	28	2,0	20	0,024	[2,0(Mett.)]	51	4,5

Bis zur letzten Zeit gab es keine Methode, welche uns gestattete, das Schicksal der Chymusbestandteile von dem Momente an, wo sie in die Darmwand eindringen, direkt zu verfolgen. Wir mußten notgedrungen zur Lösung der diesbezüglichen Fragen jenen indirekten Weg, welcher uns zugänglich ist, einschlagen. Im gegebenen Falle interessiert uns die Frage über das Vordringen der Verdauungsprodukte von Eiweißsubstanzen in das Gebiet der Darmwand. Wie aus dem Vorhergehenden zu ersehen ist, enthält der Darmchymus Verdauungsprodukte von Eiweißsubstanzen in verschiedenen Stadien ihrer Degradation. Am wenigsten können Aminosäuren in ganz freiem Zustande konstatiert werden. Es fragt sich nun, ob die im gegebenen Moment im Chymus enthaltenen Eiweißderivate in ihrer natürlichen Zusammensetzung die Oberfläche des Darmepithels passieren oder ob hier Elektionserscheinungen stattfinden. Nicht ganz unberechtigt ist z. B. die Voraussetzung, daß von den Eiweißabbauprodukten des Chymus vorzugsweise freie Aminosäuren in die Darm-

wand gelangen. Wenn dem so ist, so muß man erwarten, daß freie Aminosäuren ceteris paribus rascher aus dem Darmlumen verschwinden werden, als die mit denselben vermengten komplizierteren Eiweißabbauprodukte. Von diesen Erwägungen ausgehend, stellte man nochmals Versuche an 4 Resorptionshunden, von denen bei dem einen (No. 1) das Duodenum zwischen 2 Fisteln, bei den 3 übrigen aber das Jejunum in verschiedener Tiefe (50 cm No. 2, 150 cm No. 3, 200 cm No. 4) isoliert war. Mit stets gleicher Geschwindigkeit (1 cm nach je 10 Sekunden) wurde in den isolierten Darmabschnitt eine Lösung bald von Gliadinverdauungsprodukten aus dem Magen, bald von Glykokoll, bald von *d*-Alanin, bald ein Gemisch der ersten mit der zweiten oder dritten injiziert. In den gewonnenen Extrakten bestimmte man sodann den Stickstoffgehalt und in entsprechenden Versuchen den Aminosäurengehalt nach Emil Fischer's Estermethode, das Glykokoll als Chlorhydrat und das Alanin als solches.

Aus allen in Durchschnittswerten dargestellten Angaben (vergl. die beifolgende Tab. LXXXVI) erhellt, daß die aus dem Mageninhalt gewonnenen Eiweißverdauungsprodukte, welche also den kompliziertesten Bestand aufweisen und gar keine freie Aminosäuren enthalten, ceteris paribus

Tabelle LXXXVI.

No. des Hundes	Menge der Versuchslösung ccm	*N* g	Verhältnis (%) des Aminosäure-*N* zum *N* der Gliadinverdauungsprodukte	Differenz zwischen der eingeführten und wiedergewonnenen Flüssigkeit: Menge	Gesamt-*N* in %	Aminosäure-*N*
			a) Gliadinverdauungsprodukte.			
1	93	0,513	—	—29	20	—
2	93	0,513	—	—40	30	—
3	240	2,806	—	+33	41	—
3	500	2,500	—	—79	71	—
			b) Glykokoll.			
1	95	0,730	—	+6	21	—
2	95	0,730	—	+6	37	—
			c) *d*-Alanin.			
1	95	0,615	—	+6	26	—
2	95	0,615	—	+8	39	—
			d) Gliadinverdauungsprodukte + Glykokoll (100 : 83).			
1	89	0,881	100 : 83	+19	22	17
2	89	0,881		+26	22	
			e) Gliadinverdauungsprodukte + *d*-Alanin.			
1	85	0,817		—8	33	
2	85	0,817		—25	41	
3	470	2,645	100 : 71	—83	78	45
3	240	2,806		+33	41	
4	440	3,560		—63	67	

mit nur etwas geringerer Geschwindigkeit aus dem Darmverschwinden, als die freien Aminosäuren in der Art von Glykokoll und *d*-Alanin. So wurden z. B. aus dem Duodenum von den Gliadinverdauungsprodukten im Durchschnitt 20 % resorbiert, während für Glykokoll dieser Wert 21 %, für Alanin aber 26 % betrug; im Jejunum aber folgen diese Werte in folgenden Zahlen aufeinander: 30 % — 37 % — 39 %. Augenscheinlich bestehen bei der Passage eines Gemisches dieser Substanzen durch den Darm dieselben Beziehungen. Wenigstens erwies sich das Fistelexkret, welches bei Injektion eines Gemisches von höheren Gliadinverdauungsprodukten und Glykokoll in bestimmter Proportion (100 : 83) bei den sämtlichen 4 Hunden gewonnen wurde, um ein Geringes ärmer an Glykokoll (um 17 %, d. h. in einem Verhältnis von 100 : 100), als das Ausgangsmaterial. In Versuchen mit *d*-Alanin ergab sich eine bedeutendere Differenz, wie dieses auf Grund der erwähnten Versuche von vereinzelter Injektion der gegebenen Substanzen in den Darm auch zu erwarten war; doch sind, wie man berechtigt annehmen kann, die erzielten Werte (45 %) bedeutend übertrieben, weil die Ausscheidung von *d*-Alanin aus dem Gemisch quantitativ nicht genau durchgeführt werden kann.

Aus dem Erwähnten kann man den Schluß ziehen, daß aus dem den Darm passierenden Chymus verschiedene freie Aminosäuren nur etwas rascher, als die komplizierteren Verbindungen verschwinden. Hieraus kann man weiter schließen, daß die Eiweißverdauungsprodukte, sobald sie in die Darmwand gelangen, sich in ihrem Bestande von denjenigen, welche wir im Darmchymus ausfindig machen können, nicht bedeutend unterscheiden, d. h. daß sie mehr freie Aminosäuren enthalten.

Alle diese Schlußfolgerungen haben natürlich nur insofern Giltigkeit, als man für richtig erachten kann, daß die Eiweißabbauprodukte unter Einwirkung des sezernierten Darmsaftes keine bedeutende Spaltung erfahren, indem sie den Darm passieren. Um der Lösung dieser Frage näher zu kommen, wurde eine Reihe spezieller Versuche unternommen.

Zur Untersuchung[53]) dienten die von koagulierbaren Substanzen befreiten Fistelexkrete bei Fütterung mit verschiedenen Eiweißarten. Je 25 ccm einer jeden Lösung wurden (bei saurer Reaktion) mit Soda neutralisiert) mit 2 ccm frischen spontanen Darmsaft aus einer Thiry-Fistel vermischt. Sofort nach Zusatz von Thymol wurde eine Probe von 2 ccm auf Amido-*N*-Gehalt nach Sörensen untersucht. Diese Bestimmungen wurden von Zeit zu Zeit wiederholt, und wenn der Spaltungsprozeß sich als mehr oder weniger konstant erwies, wurde noch etwas Darmsaft samt Thymol hinzugefügt und zwar in Pulverform. Das Hinzufügen des Darmsaftes wiederholte man solange, bis kein Ansteigen des Amido-*N*-Gehaltes mehr stattfand. Der Versuch galt dann für be-

endet. Der Rest der Lösung wurde filtriert und in 3 vollständig gleiche Teile geteilt, von denen einer auf seinen Gesamt-*N*, der zweite auf seinen Amid-*N*-Gehalt und der dritte auf seinen Peptid-*N*-Gehalt untersucht wurde.

Tabelle LXXXVII.

Verfütterte Eiweißart	Dauer der Verdauung im Brutschrank in Tagen	Peptid-*N* in % des Amid-*N* nach vollständiger Hydrolyse zu Beginn des Versuches	Peptid-*N* in % des Amid-*N* nach vollständiger Hydrolyse zum Schluß des Versuches
I. Dekoagulierte Magenverdauungsprodukte.			
Gliadin	94	93	25
Hundeplasmaeiweiß	90	86	15
Elastin	96	91	11
II. Dekoagulierte Darmverdauungsprodukte.			
Elastin	95	75	43
Casein	96	71	32
Gliadin	96	69	32
Pferdefleisch	96	62	27
Gelatine	96	69	17
Hundeplasmaeiweiß	90	62	11
III. Natürlicher Darmchymus nach 4monatlicher Weiterverdauung.			
Gliadin	84	—	26

Die Ergebnisse der betreffenden Untersuchungsreihe, welche mit spontanem Darmsaft von einem unlängst operierten Hunde, also mit Darmsaft von ausgiebigem Fermentgehalte vorgenommen wurden, beweisen, daß die Spaltung der Eiweißverdauungsprodukte, von einem bestimmten tiefgelegenem Punkte an, unter der Wirkung des Darmsaftes sehr langsam vor sich geht und daß sie sogar nach vielen Monaten, trotz wiederholter Beimengung von Darmsaft nicht bis zur äußersten Grenze, d. h. bis zur vollständigen Dissoziation sämtlicher gebundener Aminosäuren gelangt.

Zieht man alle Umstände in Betracht, so ist wohl das Richtigste anzunehmen, daß das Eiweißmolekül, in annähernd zur Hälfte — bis zwei Drittel gespaltenem Zustande, d. h. in dem Zersetzungsstadium, wo die Hälfte oder $^2/_3$ des Amidstickstoffs in Amidstellung übergegangen ist, in die Darmwand gelangt. Da verschiedene Eiweißarten der Einwirkung des Darmsaftes im verschiedenen Grade widerstehen, so kann man auch in dieser Beziehung annehmen, daß sie das Darmlumen in verschiedenen Graden der Spaltung verlassen.

Das Erwähnte bezieht sich übrigens auf die Gesamtmasse von Aminosäuren, welche das Eiweißmolekül bilden. Man kann z. B. annehmen, daß die eine oder die andere Aminosäure bereits im Darm abgespalten wird. Bei andauernder Einwirkung[54]) der Brutschranktemperatur

auf den Gliadindarmchymus konnte z. B. eine vollständige oder fast vollständige Abspaltung des Prolins konstatiert werden.

Das durch diese Zusammenstellungen sich ergebende Resultat findet eine Bestätigung in den Versuchen einer Analyse des Pfortaderblutes.[2]) Diese Versuche waren folgendermaßen angestellt worden. Der Hund mit der Pfortaderfistel und einer Fistel im oberen Jejunum wurde im Gestell aufgestellt. Die Darmfistel wurde geöffnet, unterhalb derselben ein Kolben angehängt, worauf beobachtet wurde, ob irgend etwas aus dem Darm ausgeschieden wurde. Da der Hund nüchtern ins Gestell eingestellt worden war, so fand keine Exkretion von Chymus in den Kolben statt. Weiterhin wurde die Pfortaderfistel geöffnet, und ein Quantum (30—40 ccm) Blut herausgelassen. Sofort darnach wurde ebensoviel Blut aus der V. jugularis ext. entnommen, welche durch einen Hautschnitt während der Operation der Anlegung der Pfortaderfistel freigelegt worden war. Nach 10 Minuten erhielt der Hund 600—700 g Fleisch. Sobald aus der Darmfistel Chymus auszutreten begann, wurde sie für 1—2 Stunden geschlossen, darauf wieder geöffnet zwecks Beobachtung der Intensität des Chymusdurchtrittes durch den Darm. Es wurde der Moment einer lebhaften Exkretion abgewartet, darauf die Fistel geschlossen und nach 10—15 Minuten aus den oben angeführten Venen Blut entnommen. Nach einiger Zeit wurde diese Manipulation wiederholt.

Das Blut wurde aufgefangen, darauf nach Koagulierung durch Centrifugieren das Serum auf den Gehalt von Allgemeinstickstoff und Amidstickstoff nach Sörensen analysiert. Ein Teil des Serums wurde dialysiert und am Dialysat die Biuretprobe sowie die Probe mit Ninhydrin angestellt. Ein Teil des Serums wurde in den Thermostaten mit spontanem Darmsaft aufgestellt zwecks Feststellung der komplizierten Eiweißabbauprodukte, falls dieselben aus dem Chymus in das Pfortaderblut übergehen. In das andere Schälchen wurde mit einer geringen Menge Kaliumoxalatpulver Blut aufgefangen, von welchem eine Probe von 5 ccm zur Bestimmung des allgemeinen und des Nichteiweißstickstoff nach Folin entnommen wurde. Die Zahl derartiger Versuche ist bisher nicht groß. Die angestellten Versuche bezeugen jedoch in gleicher Weise, daß während der Verdauung in das Pfortaderblut Verdauungsprodukte aus dem Chymus und dann in verminderter Menge in den allgemeinen Kreislauf übergehen. Diese Versuche werden noch weiter fortgesetzt.

Wie oben hingewiesen wurde (S. 33), so wird bei Einführung einer Glaskanüle, selbst wenn sie mit Paraffin überzogen ist, stets ein Thrombus erhalten, der das Lumen umschließt und sich in die Vene selber hineinzieht beiderseits von der Fistel. Dieser Umstand ist natürlich in jeder Hin-

sicht eine unerwünschte Erscheinung. Infolgedessen wurde in den angeführten Versuchen folgendes Verfahren angewandt[2]). Die Glas-Gummikanüle wird in einem Probierglas in Ringer'scher Lösung sterilisiert, in welche sie vollkommen eingetaucht ist. Vor Eröffnung der Bauchhöhle werden durch Einschnitte beide Venae jugulares externae freigelegt. Aus der linken Vene wird zwischen zwei Ligaturen ein Ring von 1,5—2,0 cm Länge ausgeschnitten, welcher darauf durch einen Längsschnitt in einen flachen Lappen umgewandelt wird. Mit diesem wird nun das freie Ende der Glaskanüle verdeckt, wobei sein Endothel nach außen gerichtet wird; die Ränder des Lappens werden mit einem feinen Seidenfaden am Halse der Kanüle zugebunden. Nachdem die Kanüle dermaßen vorbereitet ist, wird sie in die Ringersche Lösung eingelegt bis zu dem Moment, wann eserforderlich ist, sie in die Vene einzuführen, in welche sie gewohnter Weise eingebunden wird. Zur Erhaltung von Blut bedient man sich eines Proicart's. In die Kanüle dringt dieser ziemlich leicht ein, wenn sein Ende an den Venendeckel angelangt ist, so fühlt die Hand deutlich das federnde Hindernis. Es wird vorsichtig der Einstich ausgeführt und das Stilet herausgenommen, worauf durch das Rohr das Blut auszufließen beginnt. Ist genügend Blut ausgeflossen, so wird die äußere Öffnung der Kanüle durch einen Pfropfen verschlossen. Die folgenden Male muß zunächst das Rohr vom Thrombus befreit werden, wobei bisweilen bereits diese Manipulation genügt, um das Blut fließen zu lassen; bisweilen ist es jedoch erforderlich, den Venendeckel von neuem zu durchbohren.

Konzentrationsverhältnisse.

Wie oben erwähnt, wird die Konzentration der löslichen Verdauungsprodukte im Darm stets geändert, da einerseits die unlöslichen Stoffe durch die Fermenttätigkeit gelöst werden, andererseits aber der Chymus durch die sich absondernden Verdauungssäfte verdünnt wird; ferner kommt noch zur Geltung die ungleichzeitige Resorption des Lösungsmittels und der gelösten Stoffe. Es lag also nahe, zu erforschen, wie die Resorption der gelösten Verdauungsstoffe mit der Änderung ihrer Konzentration sich vollzieht. Es wurden deshalb nach dem üblichen Verfahren entsprechende Versuche[55]) am „Resorptionshund" angestellt. Bei dem betreffenden Hund war die doppelkammerige Fistel am Duodenum hinter der 2. Papille angelegt und die zweite Fistel am Jejunum 1 Meter distalwärts. Als Versuchssubstanz dienten lösliche, von koagulierbaren Substanzen befreite, Gliadinverdauungsprodukte aus dem Jejunum. Der Hund bekam in einzelnen Versuchen 50 ccm Versuchslösung portionsweise zu je 5 ccm jede 2 Minuten; die Exkretion wurde gemessen, der Versuchsdarmabschnitt zweimal mit Wasser gespült, die Gesamtflüssigkeit

nach Ansäuern aufgekocht, filtriert; im Filtrat und Filterrückstand der Stickstoff bestimmt.

Tabelle LXXXVIII.

Eingeführte N-Menge in g	Resorbierte Menge N in g beob.	ber.	Diff.	Wasser in ccm beob.	ber.	Diff.
0,158	0,096	0,113	—0,017	42	42	0
0,321	0,145	0,161	—0,016	30	30	0
0,519	0,215	0,205	+0,010	26	23	+3
0,593	0,257	0,219	+0,038	—	—	—
1,092	0,291	0,297	—0,006	(+30)	—	—
2,660	—	—	—	(+70)	—	—

Ist Z die zugeführte und R die resorbierte N-Menge, W die zugeführte und W_1 die resorbierte Wassermenge, so ist

$$R = k \sqrt{Z} \qquad k = 0{,}61$$

$$W_1 = k \sqrt{\frac{1}{W}} \qquad k = 64$$

Bei der Resorption von Eiweißabbauprodukten ist also die Menge des zur Resorption gelangenden Stoffes direkt proportional und die Menge des Wassers umgekehrt proportional der Quadratwurzel der eingeführten Mengen. Bei ungewöhnlich großen Konzentrationen (von 10%—12% Trockensubstanz an) wächst die Flüssigkeitsmenge bei der Resorption im Darm an, anstatt abzunehmen. Die Stoffresorption ist dabei der Quadratwurzel nicht proportional.

β. Nukleinstoffe.

Der Spaltungsprozeß von Nukleinsubstanzen, welcher im Duodenum begonnen hat, muß im Jejunum bedeutendere Dimensionen annehmen, und deshalb muß im Chymus, der dem Jejunum entstammt, eine genauere Analyse der Spaltungsprodukte möglich sein. Dieses wird in der Tat durch direkte Versuche[15]) bestätigt.

Von den mehreren am Jejunumhund ausgeführten Versuchen sei folgendes angeführt, Die Fistel bei diesem Hunde befand sich in einer Entfernung von 1¼ Meter vom Pylorus. Verfüttert wurde ca. 25 g thymonucleinsaures Natrium. Der auf dem Wasserbade eingetrocknete Chymus wog 31 g mit 3,9 g Gesamt-N und 1,64 g Purinbasen-N. 3 g wurden in 200 ccm H_2O gelöst, mit 30 ccm 25%-iger Bleiacetatlösung gefällt. Mit dem Filtrat wurden 2 verschiedene Versuche angestellt: 50 ccm mit H_2S entbleit, filtriert, mit 50 ccm Wasser nachgewaschen und 4 ccm H_2SO_4 zugesetzt. Nun wurde 3 Stunden am Rückflußkühler gekocht, mit Natronlauge neutralisiert und mit Kupfersulfat-Bleisulfitlösung

die Purinbasen gefällt. Gesamtpurinstickstoff: 0,12 g. 140 ccm wurden mit NH_3 solange versetzt, bis noch Fällung auftrat. Nach kurzem Stehen wurde filtriert. Filter und Niederschlag gut ausgewaschen, in 200 ccm Wasser suspendiert, mit 8 ccm H_2SO_4 versetzt und 3 Stunden gekocht. Darauf filtriert und das Filtrat wie oben der Purinbasenbestimmung unterworfen. Gesamtpurinstickstoffgehalt: 0,53 g.

Man sieht aus diesen Befunden, daß sich aus dem Filtrat der Bleifällung im Jejunumchymus durch Versetzen mit Ammoniak ein unlösliches Bleisalz erhalten läßt, welches organisch gebundene Purinbasen in reichlicher Menge enthält. Es dürfte sich nach all dem, was jetzt über die Zusammensetzung der Nucleinsäure bekannt ist, hier um ein Nucleosid oder um ein Mononucleotid oder ein Gemisch beider handeln. Jedenfalls ist schon durch diesen Befund eine weitere Spaltung der Nucleinsäure im Darm erwiesen. Die Annahme, daß die Nucleinsäure im Darm hauptsächlich nur physikalische, aber keine chemischen Veränderungen eingeht, muß demnach als nicht stichhaltig anerkannt werden.

γ. Kohlehydrate.

Reine Kohlehydrate, wie z. B. Stärke und Dextrin, werden gewöhnlich nicht in reiner Form als Nahrungsmittel, sondern stets in irgend einer Kombination mit anderen Substanzen, von denen dann auch ihr Schicksal im Darme abhängt, verabfolgt. Reine Stärke, welche als Suspension oder als Brei mit Wasser in den Magen gelangt, wird, wie oben erwähnt, sehr rasch ins Duodenum und durch das Jejunum weiterbefördert, sodaß Verdauung hier in sehr spärlichem Maße stattfindet. Allem Anscheine nach verarbeitet der 1 Meter (vom Pylorus gerechnet) lange Darmabschnitt nicht mehr, als wie $^1/_7$—$^1/_8$ der eingeführten Stärke zu löslichen Produkten. Ganz anders verhält es sich mit Stärke, welche in üblicher Form, d. h. als Brot genossen wird. An einem Hunde[49]) mit einer, 1 Meter vom Pylorus, angelegten Fistel wurden 3 gleiche Versuche mit Darreichung von 200 g Brot, welches 3,1 g Stickstoff, 88,2 g Stärke, 1,7 g Dextrin und 1,5 g Zucker enthielt, angestellt. An dem, während der ganzen Exkretionsdauer (ca. 6 Stunden) gewonnenen Chymus, welcher ein Gewicht von 585 g aufwies, fanden sich nur 12,7 g Stärke, was kaum 15 $^0/_0$ der genossenen Kohlehydrate ausmacht. Die koagulierbaren Substanzen enthielten 21 $^0/_0$ Stickstoff; dieser Überschuß von 6 $^0/_0$ gegenüber der Stärke besteht augenscheinlich aus Beimengungen der Sekrete. Obgleich also Stärke im Hundemagen nur ganz unbedeutend auf Kosten der aus dem Duodenum regurgitierenden Amylase verdaut wird, holt sie in dieser Beziehung im mittleren Jejunumabschnitte das Broteiweiß ein. Von Stärkeverdauungsprodukten fanden sich im Jejunumchymus große

Mengen, welche ca. die Hälfte der verfütterten Kohlehydrate ausmachten, wobei diese Produkte zur Hälfte aus reduzierenden Substanzen bestanden. Resorbiert waren, wie es sich erwies, beinahe $^2/_5$ der einverleibten Kohlehydrate, also mehr, als von den Verdauungsprodukten des Broteiweißes. In dem Chymusstickstoff selbst fehlten 22 %; da jedoch ein Teil des Chymusstickstoffes auf Kosten der Verdauungssäfte bezogen werden muß, so war die Resorption in Wirklichkeit eine bedeutendere.

Oben wurde schon zu wiederholten Malen nachgewiesen, daß trotz der Kompliziertheit und fortwährenden Variabilität der Nebenprozesse im Verdauungstrakte, oder richtiger gesagt, Dank dieser Kompliziertheit und Variabilität, der Hauptverdauungsprozeß in jedem gegebenen Abschnitte im Laufe der gesamten Verdauungsperiode eine annähernd gleiche konstante Intensität beibehält. Die Versuche, welche zu dieser Schlußfolgerung verhalfen, wurden mit ein und derselben Quantität von Versuchsnahrung angestellt. Es fragt sich nun, ob zwischen dem Grade der Verdauung von Nährsubstanzen und der Menge, in welcher letztere dargereicht werden, ein Zusammenhang besteht. Um möglichst genaue Ergebnisse zu erzielen, wählte man Erythrodextrin als Versuchssubstanz, weil weder diese Substanz selbst, noch auch ihre Zersetzungsprodukte durch andere Elemente des Chymus in einem einigermaßen beträchtlichen Grade maskiert werden können.

Die Versuche wurden an einem Hunde[56]) angestellt, bei dem sich die Fistel in der Mitte des Dünndarmes befand. Sie bestanden darin, daß dem Hunde mit Hilfe der Sonde verschiedene Mengen 4 %-iger wässeriger Lösung des genannten Kohlehydrats in nüchternen Magen eingeführt wurden. Die Flüssigkeit, welche sich aus der Fistel ausschied, wurde in einem Gefäß mit Eis gesammelt. Nach dem Sistieren der Exkretion wurde der Verdauungsabschnitt mit Wasser gespült; das mit Essigsäure angesäuerte Exkret durch Einleiten von Wasserdampf enteiweißt. In einem gewissen Teile des Filtrates wurde gleich der Zuckerwert bestimmt, in einem anderen erst nach HCl-Hydrolyse (2 Stunden mit 5 % Salzsäure [1,19]). Durch Subtraktion wurde der unverdaute Teil ermittelt.

Die beiliegende Tabelle illustriert die erhaltenen Resultate. Der Hund bekam 500 (3 Versuche), 300 (3 Versuche), 150 (3 Versuche), 100 (3 Versuche), 50 (5 Versuche) und 10 (2 Versuche) ccm Erythrodextrinlösung (4 %). Trotz dieser großen Schwankungen in der verabreichten Menge der Nahrungssubstanz, stehen dennoch die relativen Quantitäten des Verdauten und Resorbierten, welche in Prozenten ausgedrückt sind, einander ziemlich nahe; es besteht nur ein Unterschied

von 7—10 % für die Verdauung und noch weniger für die Resorption, wenn der letzte Versuch, in dem 10 ccm eingeführt wurden, ausgeschlossen wird, da derselbe mit zu geringer Substanzmenge ausgeführt wurde.

Tabelle LXXXIX.

Menge der zugeführten Erythrodextrinlösung in ccm	Unverdaute	Resorbierte
	Substanzmenge in % zu der zugeführten	
500	31	63
300	30	61
150	33	62
100	37	61
50	35	60
10	57	36

Von Versuchen mit nicht emulgierten Fettstoffen im mittleren Jejunumabschnitte kann man wohl kaum irgend welche lehrreichen Ergebnisse erwarten, weil, wie die weiter zu besprechenden Befunde erweisen, die tiefer gelegenen Darmabschnitte den Hauptschauplatz der Verdauung von Fetten darstellen, weshalb denn auch diesen das größte Interesse geschenkt wurde.

Jejunoilealübergang.

1. Verschiedenartige Speisen.

Bei einem Hunde von mittlerem Wuchs ist das Ileum gewöhnlich 125—150 cm lang, wobei der Übergang von Jejunum zum Ileum gewöhnlich sehr leicht wahrzunehmen ist. Das Jejunum hört hier plötzlich auf, der Darm wird schmäler und seine Wandung dünner. Finden während der Operation im Darme peristaltische Bewegungen statt, was gar nicht selten der Fall ist, so tritt dieser Punkt nicht deutlich hervor, weshalb man beim Anlegen der Fistel die erwähnte Entfernung vom Coecum in Betracht ziehen muß.

Das Ileum übt bei normalen Verhältnissen und bei jeglicher Nahrung eine sehr unbedeutende Wirkung auf die höher gelegenen Abschnitte des Verdauungskanals aus, so daß eine temporäre Ausschaltung desselben im Laufe des Versuches die Fortbeförderung des Chymus im unteren Jejunumabschnitte nicht sehr beeinflußt; die Exkretion einer im Anfangsteile des Ileum angelegten Fistel gibt also, wie man annehmen kann, die natürliche Chymusbeförderung in diesem in befriedigender Weise wieder. Mit einem Worte ist hier also die Methode der fortlaufenden

Exkretion zur Aufklärung der natürlichen Verhältnisse durchaus anwendbar. Milch zeichnet sich dadurch aus, daß bei ihr aus dem Jejunum ins Ileum meistens mehr Chymus ausgeschieden wird, als von dem Nahrungsmittel genossen wurde; in diesem Falle kann also der Verlust an Säften und Flüssigkeit überhaupt den normalen Verdauungsprozeß gewissermaßen stören; aus diesem Grunde wurde hier mehrmals die Methode der unterbrochenen Chymusexkretion angewandt.

Um die Grundzüge der Fortbeförderung des Chymus aus dem Jejunum ins Ileum bei verschiedenen Nahrungsarten zu bestimmen, wurde eine Reihe von Untersuchungen[23]) an einem 24 Kilo wiegenden Hunde, dem an der Grenze beider Abschnitte eine Fistel angelegt war, angestellt. In zwei Versuchen bekam er je 300 g geschabtes Pferdefleisch, in zwei anderen je 60 g Stärke, welche in 340 ccm Wasser suspendiert waren, in zwei weiteren Versuchen je 25 g Schweinefett, weiter in mehreren Versuchen verschiedene Kombinationen dieser Nahrungsarten: Fleisch mit Stärke, Fleisch mit Fett, Fleisch mit beiden zusammen und in denselben Quantitäten, in welchen sie einzeln gereicht wurden. Der Verlauf der Sekretion wurde in sämtlichen Versuchen während der ganzen Verdauungsperiode verzeichnet, der stündlich gesammelte Chymus allseitig analysiert.

Die aus den Versuchsprotokollen stammenden Angaben sind in beiliegender Tabelle zusammengestellt, welche nur die ersten 4 Stunden der Verdauung, d. h. also diejenige Periode, im Laufe welcher die Fortbewegung des Chymus aus dem Jejunum ins Ileum am lebhaftesten vor sich geht, umfaßt.

Es erweist sich, daß die Jejunalexkretion bei Fütterung mit Substanzen, wie Fleisch, Stärkeemulsion, Schweinefett oder mit einem Gemisch der beiden letzteren, schon 7—12 Minuten nach der Nahrungsaufnahme beginnt: da die Magensekretion nach 4—5 Minuten beginnt, so erfordert also die Fortbewegung des Initialchymus durch das Duodenum und Jejunum ca. 3—7 Minuten. Bei komplizierterer Zusammensetzung der Nahrung, z. B. bei Fleisch mit Stärke oder mit Fett verspätet sich der Beginn der Jejunalexkretion bedeutend, und zwar um 30—35 Minuten vom Beginn der Fütterung an gerechnet.

Weiter ergibt es sich, daß die Exkretion unregelmäßig verläuft, daß das Exkret bald in einem Strahle, bald in Tropfen abgeht. Hierbei stellt sich von Zeit zu Zeit ein ziemlich einförmiger Verlauf der Exkretion ein: zuerst geht der Chymus im Strahle ab, hierauf folgen in raschem Tempo 10—20 Tropfen, dann tritt eine Pause ein, später wiederholen sich die Erscheinungen wieder in derselben Reihenfolge. Diese Regelmäßigkeit dauert $^1/_2$—$^3/_4$ Stunden, hierauf folgt eine Periode un-

regelmäßiger Exkretion. Wie man aus den Zahlenangaben ersieht, schwanken die Exkretionsperioden und Pausen in ziemlich weiten Grenzen, z. B. zwischen 6 und 180, resp. 20 und 240 Sekunden.

Tabelle XC.

Nahrungsart	Beginn der Exkretion nach der Nahrungsaufnahme in Min.	Dauer der einzelnen Exkretionsperioden in Sek.	Pausen zwischen den Exkretionsperioden in Sek.	Längere Pausen in Min.
		I. Stunde.		
Fleisch	7	30—60	20—30	3,16
Fleisch mit Stärke	25	2—3	10—30	5
Fleisch mit Fett	36	60—120		12
Fleisch mit Stärke u. Fett	—	15—30	20—40	4
Stärke	8	5—20	5—60	20
Fett	12		15—50	23
Stärke mit Fett	10	6—180	60—180	18
		II. Stunde.		
Fleisch	—	60—90	6—120	4
Fleisch mit Stärke	—	2—3	20—240	4
Fleisch mit Fett	—	10—30	15—30	1
Fleisch mit Stärke u. Fett	—	10—30	15—30	5
Stärke	—	5—10	300—600	0
Fett	—	180	30—40	6
Stärke mit Fett	—	10—180	10	11,34
		III. Stunde.		
Fleisch	—		2—3	56
Fleisch mit Stärke	—	2—3	120—240	
Fleisch mit Fett	—			37
Fleisch mit Stärke u. Fett	—			28
Stärke	—			
Fett	—	60—180	30—40	
Stärke mit Fett	—		15-20	31,28
		IV. Stunde.		
Fleisch	—	10—20	25—40	
Fleisch mit Stärke	—			
Fleisch mit Fett	—			
Fleisch mit Stärke u. Fett	—			36
Stärke	—			
Fett	—	70—180	30—40	
Stärke mit Fett	—			28

Die dritte charakteristische Eigenschaft der Jejunalexkretion schließlich äußert sich in langdauernden Pausen, welche sich gewöhnlich einmal und nur selten zweimal pro Stunde wiederholen. Am kürzesten sind diese Pausen im Laufe der zweiten Stunde, am längsten während der

dritten Verdauungsstunde. Von der 5. Stunde an stellen andauernde Pausen, welche die kurzen Perioden einer unterbrochenen Exkretion von einander scheiden, eine ganz gewöhnliche Erscheinung dar. Je mehr man sich dem Ende nähert, desto länger werden die Pausen.

Es versteht sich von selbst, daß man diese Befunde nur als allgemeine Charakteristik der Jejunalexkretion anzusehen hat; in den Details aber muß sich das Bild in Abhängigkeit von der Nahrungsmenge, der Individualität des Tieres u. s. w. gewissermaßen ändern.

Tabelle XCI.

Nahrungsart	Menge des (pro Stunde) ausgeschiedenen Chymus in % zur Gesamtmenge								Gesamtmenge
	1	2	3	4	5	6	7	8—11	
Fleisch	19	42	20	20					214
Fleisch mit Stärke	12	44	18	11	15				266
Fleisch mit Fett	17	33	18	13	10	7	2		333
Fleisch mit Stärke u. Fett	7	21	14	12	19	12	8	6	624
Stärke	75	7	11	8					252
Fett	19	41	19	7	9	4			160
Stärke mit Fett	52	22	6	6	5	4	4		401
Milch	18	48	27		8				730

Über die Schnelligkeit der Fortbewegung des Chymus aus dem Jejunum ins Ileum kann man eine Vorstellung auf Grund der Gewichtswerte des allstündlich abgehenden Chymus gewinnen. Aus diesen Zahlenwerten ersieht man, daß die lebhafteste Fortbewegung des Chymus aus dem Jejunum ins Ileum im Allgemeinen im Laufe der zweiten Stunde, wo wie oben erwähnt, längere Pausen zwischen den einzelnen Exkretionsperioden fast ganz fehlen, stattfindet. Eine Ausnahme bildet die Stärkeemulsion, welche in reiner Form oder im Gemisch mit Schweinefett gereicht wurde, bei welcher die schnellste Fortbewegung im Laufe der ersten Stunde zu beobachten ist.

Gelegentlich der Besprechung (S. 89) der Magenverdauung bei gemischter Kost wurde darauf hingewiesen, daß hier der physikalisch-chemische Zustand des im Magen enthaltenen Gemisches die wesentlichste Rolle spielt. Da die Fortbewegung des Chymus aus dem Jejunum ins Ileum hauptsächlich von der Magenexkretion abhängt, so könnte man a priori erwarten, daß dieser Faktor auch im betreffenden Darmabschnitte seine Wirkung entfalten müßte. In der Tat erhielt man bei Stärkeemulsion im Ganzen 252 g, bei Schweinefett allein 160 g Chymus. Bei Verabfolgung eines Gemisches dieser beiden Nahrungsarten, welche sich im Magen nicht vereinigen und getrennt bleiben, erwies sich das Fistelexkret der Summe jener beiden gleich, d. h. 401 g, oder genauer gesagt,

um 11 g geringer, als jene Summe (= 412 g). Die Exkretion war hier also eine summierte, als wenn ein jedes Ingrediens das Ileum in der Chymusmasse, welche ihm unabhängig von dem anderen Ingrediens zugeführt wird, erreichen würde. Der Charakter der Fortbewegung von Stärke- und Fettchymus zusammen genommen, entspricht der vereinigten Fortbewegung eines jeden einzelnen Stoffes.

Sind die Ingredientien der Nahrung zu einem mehr oder weniger innigen Gemisch vereinigt, so gestalten sich die Verhältnisse wiederum anders. Fleisch allein ergab 214 g Chymus, Stärke allein — 252 g. Ihre Summe müßte 466 g ausmachen, in Wirklichkeit aber wurden bei Darreichung derselben zusammen nur 266 g ausgeschieden, d. h. etwas mehr (um 14 g), als wie bei Darreichung von Stärke allein. Bei Fütterung mit Fleisch und Fett zusammen, wurde wiederum weniger Chymus ausgeschieden (333 g), als wenn die ursprünglichen Quantitäten summiert wären (374 g). Es muß in Betracht gezogen werden, daß trotz innigster Vermengung von Fleisch und Schweinefett während der Verdauung des Fleisches das Fett sich im Magen teilweise ablöst und dank seinem geringeren Gewicht an die Oberfläche gelangt, weshalb das Gemisch aus einem kompakten zu einem dissoziierten wird und aus diesem Grunde in gewissem Grade Summierung der Exkrete stattfindet. Noch deutlicher tritt die Summierung der Jejunalexkretion hervor, wenn ein Gemisch von Fleisch mit Stärke und Fett gereicht wird. Die Summe der Exkretionen beträgt bei jedem Ingrediens einzeln 626 g, bei Darreichung des ganzen Gemisches aber 624 g.

Was die Kurve der Chymusfortbewegung aus dem Jejunum ins Ileum anbelangt, so bleibt ihr Grundtypus, welcher bei Darreichung von Fleisch allein (starker Anstieg im Laufe der zweiten Stunde) beobachtet wird, im Allgemeinen auch bei Darreichung von Fleisch mit Stärke oder Fett oder auch mit beiden zusammen; die Wirkung dieser Beimengungen äußert sich hauptsächlich in der Verkürzung des Anstieges und in Verlängerung des absteigenden Teiles der Kurve.

Milch verändert sich im Magen ziemlich rasch in seiner physischen Gestalt (S. 89), indem sie sich aus einer gleichmäßigen Emulsion zu einer nicht homogenen Substanz, einer klaren Lösung und in ihr suspendiertem käsigen Niederschlage umwandelt. Der Übergang des Chymus ins Ileum erinnert, wie man aus den gewonnenen Zahlenwerten ersehen kann, seinem Charakter nach oder, sit venia verbo seiner Fortbewegungskurve nach, an diejenigen Vorgänge, welche bei Fleischkost beobachtet werden. Es besteht jedoch ein kolossaler Unterschied in den quantitativen Verhältnissen. Bei 300 g Fleisch gelangt der Chymus in einer ungefähr um ein Drittel geringeren (214) Menge in das Ileum, bei

600 ccm Milch aber übertrifft sogar der Jejunalchymus diese Quantität oftmals um ein Fünftel (730).

In der beifolgenden Tabelle sind die Zahlenwerte zusammengestellt, welche den allmählich zu beobachtenden Übergang der einzelnen Nahrungskomponenten bei vereinzelter oder kombinierter Darreichung derselben illustrieren.

Tabelle XCII.

Menge der ausgeschiedenen Substanz in $^0/_0$ zu der betr. Substanz des Gesamtchymus

Substanz	Stunden 1	2	3	4	5	6	7	8	11	Gesamtmenge
				Fleisch.						
N	12	49	26		13					2,254
				Fleisch mit Stärke.						
N	9	49	24	9	9					1,844
Kohlehydrate	7	46	22	10	15					21,707
				Fleisch mit Fett.						
N	22	20	13	14	7	7	3	13		2,551
Fettsäuren	15	44	18	8	7	3	1	6		8,025
				Fleisch mit Stärke und Fett.						
N	13	24	18	8	16	7	7		7	12,276
Kohlehydrate	6	35	18	12	12	8	7		2	2,349
Fettsäuren	18	29	16	4	17	8	3		5	4,299
				Stärke.						
Kohlehydrate	70	17	13	1						40,270
				Fett.						
Fettsäuren	26	51	10	8	1	2		1		17,087
				Stärke mit Fett.						
Kohlehydrate	91	6	0	2	1					44,615
Fettsäuren	80		7	2	6	1		3		12,276
				Milch.						
N	21	39	26	14						2,422
Zucker	15	53	24	7						22,67
Fette	15	32	28	26						3,88

Vergleicht man die Zahlenwerte dieser Tabelle mit den entsprechenden der vorhergehenden, so ersieht man, daß die Kurve der Fortbewegung des Gesamtchymus in der Richtung zum Ileum im Allgemeinen mit der entsprechenden Kurve der einzelnen Nahrungselemente mehr oder weniger übereinstimmt, obgleich sie in keinem Falle vollständig identisch ist. Ein zweiter Umstand, der bei der Betrachtung dieser Tabelle auffällt, ist der, daß bei gemischten Nahrungsarten die Stickstoffsubstanzen, Kohlehydrate und Fette, bei Weitem nicht in harmonischem Tempo ins Ileum gelangen. Diese Disharmonie des Tempos würde noch deutlicher hervortreten, wenn die für Stickstoff und Fett erhaltenen Zahlen in vollem Umfange den Eiweiss- resp. Fettsubstanzen entsprechen würden. In

Wirklichkeit besteht hier keine vollkommene Kongruenz. Sämtliche Stickstoffwerte sind dank den Saftbeimengungen in gewissem Grade übertrieben, die Fettwerte aber stellen unvollständige Reihen dar, weil die letzten Fettportionen im Verdauungskanale für längere Zeit zurückgehalten werden. Es kommt nicht selten vor, daß z. B. bei Darreichung von Schweinefett, die Fistelexkretion scheinbar ganz aufgehört hat; bleibt jedoch der Hund bei offener Fistel in Beobachtung, so beginnt plötzlich nach 3—4 Stunden oder auch noch später eine verstärkte Exkretion von Fettsubstanz aus der Fistel.

In welchem Grade Saftbeimengungen die tatsächlichen Verhältnisse bei der Fortbewegung stickstoffhaltiger Substanzen der Nahrung verändern, davon kann man sich auf Grund der Stickstoffmengen überzeugen, welche mit dem Chymus bei Darreichung stickstofffreier Substanzen ausgeschieden werden. Es erweist sich, daß bei Stärkekost unter den gegebenen Verhältnissen 0,36, bei Fettkost 1,02 und bei gemischter Stärkefettkost 0,82 g *N* aus der Fistel ausgeschieden werden.

Vergleicht man nun schließlich den Verlauf der Exkretion der Nahrungskomponenten, wenn sie einzeln oder gemischt verdaut werden, so erweist sich, daß er ein nicht ganz gleichartiger ist. Die hierbei entstehenden Verhältnisse sind aus folgender Tabelle leicht zu ersehen.

Tabelle XCIII.

Stunden	Fleisch				Stärke				Fett			
		mit				mit				mit		
	allein	Stärke	Fett	beiden	allein	Fleisch	Fett	beiden	allein	Stärke	Fleisch	beiden
1	12	9	22	13	70	7	91	6	26	80	15	18
2	49	49	20	24	17	46	6	35	51		44	29
3	26	24	13	18	13	22	0,2	18	10	7	18	16
4	13	9	14	8	1	10	2	12	8	2	8	4
5		9	7	16		15	1	12	1	6	7	17
6			7	7			0,2	8	2	1	3	8
7			3	7			0,6	7	1	3	1	3
8—11			13	7				2			6	5

Aus dem Vergleich der Befunde ist deutlich zu ersehen, daß in einem gegebenen Gemische eine jede Komponente in dem Maße ihren selbständigen Verlauf beibehält, als die andere Komponente sie nicht mechanisch bindet, und nur in dem Maße den Verdauungsverlauf der anderen Komponente beeinflußt, als sie die letztere mechanisch bindet. So z. B. verändert sich die Jejunalexkretion von Fleisch (300 g) durch Beimengung von Stärke (60 g) allein, zu demselben gar nicht. Die Stärke selbst gelangt ziemlich rasch ins Ileum, das mit ihr vermengte Fleisch aber hält sie gleichmäßig mechanisch zurück und paralysiert ihre be-

schleunigende Wirkung. Bei anderen quantitativen Wechselbeziehungen könnte die beschleunigende Wirkung der Stärke leicht überhand nehmen. Fett zwingt, indem es mit Fleisch vermengt wird, diesem in gewissem Grade sein langsames Tempo auf, wobei Stärke auch wirkungslos ist. Besonders lehrreich ist vom erwähnten Standpunkte aus die Stärkeexkretion. Mit Schweinefett kann Stärkeemulsion kein homogenes Gemisch bilden, und deshalb verfolgt, wenn sie kombiniert werden, eine jede dieser Komponenten ihren Weg im Verdauungskanale so, als wenn sie allein vertreten wäre. Dagegen verändert Fleisch allein, oder mit Fett zusammen, den Verlauf der Stärkeexkretion ganz und gar, indem es ihr den Stempel ihrer Individualität aufprägt.

Natürlich müssen sich die Wechselbeziehungen zwischen den Komponenten der Gemische in Abhängigkeit von deren Quantität und Qualität verändern, immer jedoch muß die gegenseitige Beeinflußung sich augenscheinlich hauptsächlich in Uebereinstimmung mit den bestehenden mechanischen Verhältnissen gestalten.

Tabelle XCIV.

Nahrung	Gehalt (in %) der betreffenden Chymusportion an unverdauter Substanz a — *N*-Substanzen b — Kohlehydrate zu Stunden 1	2	3	4	5	6	7	8—11	Mittelwerte
Fleisch	a — 33	21	34	42					33
Fleisch mit Stärke	a — 44	(9)	46	46	81				42
	b — 80	85	81	85	79				82
Fleisch mit Fett	a — 55	33	49	62	61	59	52	(81)	53
Fleisch mit Stärke u. Fett	a — 45	32	29	34	37	40	51	50	45
	b — 75	84	87	95	81	81	72	(54)	82
Stärke	b — 91	87	87	(63)					88
Stärke und Fett	b — 89	78	(22)	80	80	(35)	68		77
Milch	a — 12	6	17		21				14

Auch beim Übergange des Chymus aus dem Jejunum ins Ileum können wir eine Konstante der Verdauung, wie das in den höher gelegenen Abschnitten der Fall war, beobachten. Inbetreff der Eiweißstoffe muß bemerkt werden, daß die Schwankungen, welche im Vergleich zum konstanten Durchschnittswert zur Beobachtung kommen, zum Teil durch den verschiedenen Stickstoffgehalt der Säfte in verschiedenen Chymusportionen erklärt werden können, inbetreff der Kohlehydrate aber muß man in Betracht ziehen, daß sie überhaupt ziemlich rasch verdaut werden, und daß, da die Portionen allstündlich gesammelt wurden, der Prozeß im Rezipienten noch weiter vor sich ging, und zwar zu ver-

schiedenen Stunden in verschiedenem Grade. Starke Abweichungen von dem konstanten Mittelwerte sind, wie aus beiliegender Tabelle ersichtlich, viel zu gering an der Zahl, als daß man ihnen eine besondere Bedeutung beimessen könnte. Diese Zahlenwerte sind in Klammern eingeschlossen und bei Berechnung der Durchschnittswerte nicht berücksichtigt worden.

Da der Verdauungsprozeß eines Nahrungsobjektes durch die ihn begleitende Komponente beeinflußt wird, so ist von vornherein zu erwarten, daß die Resorptionsquanta eines gegebenen Nahrungselementes in jedem Darmabschnitt mit der Zusammensetzung der Nahrung variieren werden. Wenn einem gegebenen Nahrungsmittel, z. B. der Stärke, rascher Durchgang durch die oberen Abschnitte des Verdauungstraktus eigen ist, das mit ihm verbundene Objekt aber, wie z. B. Fleisch, diesen Durchgang hemmt, verlangsamt, so muß dies auch zur Verdauungs- bezw. Resorptionsvergrößerung in den genannten Abschnitten führen. Wenn dagegen eine gegebene Nahrungskomponente, z. B. Fleisch, nicht oder nur wenig durch die begleitenden Stoffe, z. B. Stärke oder Fett, beeinflußt wird, so muß der Resorptionsgrad in einem gegebenen Darmabschnitt ceteris paribus gewissermaßen konstant bleiben. Dies wird durch das Experiment bestätigt, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich ist.

Tabelle XCV.

Resorptionsgrad in % bei Verfütterung von

Stärke			Fleisch			Fett		
			kombiniert mit					
Fett	Fett u. Fleisch	Fleisch	Fett	Fett u. Stärke	Stärke	Stärke	Fleisch	Stärke u. Fleisch
17	44	60	76	78	82	49	67	82

Durch frühere Versuche ist die Konstante der Verdauungsgröße des Chymus bei einer bestimmten Nahrungsmenge im Laufe der ganzen Verdauungsperiode festgestellt worden. Es war nun von Interesse zu ermitteln, ob diese konstante Größe mit der Nahrungsmenge wechselt. Hätte es sich ergeben, daß sie einem Wechsel nicht unterliegt, so wäre daraus zu schließen, daß diese Konstante — wenn dieser Vergleich gestattet ist — den kleinen Zeiger des Zifferblattes darstellt, der durch den versteckten Verdauungsmechanismus bewegt wird. In diesem Falle wäre zu erwarten, daß hier auch größere Zeiger mit gleichmäßigem Gang vorhanden sind.

Folgende Versuche geben klare Antworten auf diese Fragen. Die Experimente bestanden darin, daß derselbe Hund, an welchem die obigen Versuche angestellt worden waren, in einer Reihe von Versuchen verschiedene Mengen von Gliadinbrei[67]) (erste Serie) und Stückchen koagulier-

ten Eieralbumins[58]) (zweite Serie) erhielt. Der ganze, bei jedem Versuch ausgeschiedene Chymus wurde durch Kochen in koagulierbare und nicht koagulierbare Teile zerlegt. In beiden wurde der Stickstoff — in Fällen der Fütterung mit Gliadin auch die Glutaminsäure bestimmt. Nach der Menge der Glutaminsäure im Niederschlag war es leicht in jedem Fall genau zu bestimmen, welches Quantum des Nahrungsgliadins durch die Verdauungsfermente unberührt geblieben war. Nach dem Gehalt der Glutaminsäure im gesamten Fistelexkret kann man ziemlich genau auf die Menge des resorbierten Gliadins schließen.

Tabelle XCVI.

Nahrungsmenge in g	Dauer des Versuches in Min. beob.	ber.	Diff.	*N* der koagulablen Substanzen	Glutaminsäure der koagulablen Substanzen	*N* des gesamten Chymus	Glutaminsäure des gesamten Chymus
				in $^0/_0$ zu den betreffenden Substanzen in der Nahrung			
				Gliadin.			
25	160	152	+8	8	2	47	27
50	205	215	—10	11	8	44	36
100	275	304	—29	10	7	56	44
150	350	372	—22	8	1	40	35
200	415	430	—15	8	1	30	19
300	520	527	—7	4	1	20	18
400	630	608	+22	6	3	26	20
				Eiereiweiß.			
N							
0,7	85	85	0	—	—	—	—
1,4	90	120	—30	79	—	96	—
2,8	130	170	—40	68	—	81	—
5,6	225	241	—16	69	—	84	—
8,4	350	294	+56	65	—	82	—
11,2	485	340	+145	73	—	89	—

Aus den erhaltenen Zahlen ist ohne weiteres zu ersehen, daß, unabhängig von der Menge, die eingeführte Eiweißnahrung bis zum Ende des Jejunums in konstanter relativer Menge verdaut und ein konstantes Quantum derselben resorbiert wird. Die Größe dieser Konstanten ist für verschiedene Eiweißarten verschieden; sie muß als das sicherste Kriterium der Verdaulichkeit der einen oder der anderen Eiweißnahrung angesehen werden. Der Eiweißchymus wird, je tiefere Teile des Darmtraktus er erreicht, an Restern unverdauter Stoffe ärmer, zugleich aber an Verdauungsprodukten, die zur Resorption reif sind, verhältnismäßig reicher. Wie aus dem bereits Gesagten ersichtlich, enthält der Eiweißchymus beim Übergang in das Ileum, wenn wir von dem Eieralbumin, das im Darme des Hundes sehr schwer verdaut wird, absehen, schon verhältnismäßig geringe Mengen durch die Verdauungsfermente unberührt gebliebener Nahrungsreste.

Was aber die aufgelösten Abbauprodukte des Eiweißes anbetrifft, so entdeckt man unter ihnen mit Hilfe der Fischer'schen Estermethode[48]) ein verhältnismäßig geringes Quantum (ungefähr 7 %) freier Aminosäuren.

Tabelle XCVII.

Eiweißart der Nahrung	Gehalt der löslichen Substanzen an Phosphorwolframaten in %	Gehalt an Monoaminosäuren in % zu der aschefreien Trockensubstanz der löslichen Chymusprodukte aus den Esterfraktionen			Verhältnis zwischen Tyrosin und Glutaminsäure (=100) in den verfütterten Eiweißsubstanzen	löslichen Verdauungsprodukten des Jejunalchymus mit Phosphorwolframsäure	
		I	II	III		fällbaren	nichtfällbaren
Fleisch	24	1,3	0	2,5	—	0 : 100	—
Edestin	—	—	—	—	13 : 100	0 : 100	29 : 100
Casein	—	—	—	—	41 : 100	3 : 100	38 : 100
Eieralbumin	41	5,1	0,6	2,0	14 : 100	13 : 100	39 : 100
Gliadin	58 (Brot)	3,7	0,6	2,8	7 : 100	0 : 100	— —

Zerlegt man nun alle hier vorhandenen Verdauungsprodukte mit Hilfe der Phosphorwolframsäure in Stoffe, die in ihr lösbar und in solche, die es nicht sind, so ergibt sich, daß in den ersteren Tyrosin vollständig fehlt und in den letzteren das Verhältnis zwischen Tyrosin und Glutaminsäure ausgeglichen erscheint. Da der Chymus des Ileums an denjenigen Produkten der Degradation der Eiweißmoleküle, die die Darmwand durchzupassieren haben, augenscheinlich reich ist, so kommt man in die Versuchung, aus diesen Befunden den Schluß zu ziehen, daß — wie verschieden der Gehalt der Ingredientien des Nahrungseiweißes auch sein mag — das Eiweiß im Darme so verarbeitet wird, daß in die Darmwand Produkte mehr oder weniger gleichmäßigen Bestandes gelangen. Und in der Tat, das Verhältnis des Tyrosins zur Glutaminsäure drückt sich in dem angewandten Nahrungseiweiß in den Zahlen 13, 14 und 41 zu 100 aus, während in den löslichen Chymusprodukten, die durch Phosphorwolframsäure nicht gefällt werden und daher als Derivate der tieferen Degradation durch Fermente angesehen werden müssen, das Verhältnis ein anderes, und zwar ein mehr oder weniger Konstantes ist: 29,39 und 38 zu 100.

Wie verführerisch ein solcher Schluß auch ist, so wird er durch die vorliegenden Befunde wenig bekräftigt; es wird Aufgabe künftiger Forschungen sein, diese Frage gründlicher zu untersuchen.

Soweit man nach dem Gehalt der durch die Phosphorwolframsäure gefällten Produkte und der Reichhaltigkeit des Amidstickstoffs (bis 62 %) urteilen kann, ist im Vergleich zu den Produkten des Jejunalchymus

der Chymus des Anfangsteiles des Ileums mehr degradiert. Es muß hervorgehoben werden, daß verschiedene Eiweißstoffe im Chymus des Anfangsteiles des Ileums verschiedenen Gehalt von Amidstickstoff aufweisen. Dies ist nämlich zu erwarten, wenn man von der Vermutung ausgeht, daß verschiedene Eiweißstoffe, die relativ verschiedene Mengen von Aminosäuren enthalten, im Darm gewissermaßen eine ausgleichende Umgestaltung erleiden. So ist beispielsweise[12]) der Unterschied zwischen Elastin, der im Chymus nur 75% an Amidstickstoff enthält und Hundefleisch, bei dem diese Menge nur 48% ausmacht, sehr groß; dabei ergeben — wie aus der beigefügten Tabelle ersichtlich ist — die übrigen untersuchten Eiweisstoffe Zahlen, die zwischen den angegeben äußersten Grenzen liegen.

Es ist bemerkenswert, daß der Gehalt von Amidstickstoff in der Anfangspartie des Ileums des Menschen[44]) beinahe derselbe ist, wie beim Hunde. Der kleine Zahlenunterschied ist leicht auf die verschiedene Lokalisation der Fisteln zurückzuführen. Bei dem betreffenden Patienten befand sich die Fistel in einem Abstande von 1 Meter von der Ileocoecalklappe.

Tabelle XCVIII.

Art der Eiweißsubstanz.	Peptid-N in % des gesamten Hund	Amid-N (Peptidzahl beim Menschen)
Elastin	75	50
Casein (käufliches)	71	50
Gliadin	69	50
Gelatine	69	56
Hundeplasmaeiweiß	62	—
Pferdeplasmaeiweiß	62	—
Pferdefleisch	62	60
Fibrin	54	—
Eiereiweiß	50	73
Hundefleisch	48	76

Die Eiweißstoffe werden fast ausschließlich in ihrem genuinen oder einem dem natürlichen sehr nahe stehenden Zustande verabfolgt. Dies läßt sich von den Kohlehydraten nicht behaupten. Das Brot, diese typische Kohlehydratnahrung des Menschen, enthält außer genuiner Stärke noch verschiedene andere Spaltungsprodukte, wie Dextrine und Zucker. Falls reine Stärke zur Experimentspeise genommen wird, entstehen schon zu Beginn des Verdauungsprozesses, beim Menschen also bereits in der Mundhöhle, beim Hunde in der Regel erst im Duodenum, Dextrin und Zucker, so daß ein zusammengesetztes Bild zu Tage tritt, in dem es ziemlich schwierig ist, die einzelnen Details zu unterscheiden.

Darum muß man im Experiment das Verhältnis der Darmteile zu den einzelnen Arten der Kohlehydrate bestimmen.

Tabelle XCIX.

Zugeführt	Unverdaute Kohlehydratmenge (in %) der Ausscheidung aus dem Anfangsteile des Ileums	Resorbierte Menge in %
52 g trockene Stärke[16])	65	22
60 g Stärke Emulsion	66	25
Stärke(25 g)kleister	5	94
400 ccm Amylodextrinlösung	12	81
50 g Erythrodextrin trocken	38	55
400 ccm Erythrodextrin(22 g)lösung	28	58
50 g Rohrzucker trocken	1	95
350 ccm Rohrzucker(20 g)lösung	2	91
400 ccm Dextrose(19 g)lösung	—	79
60 g Stärke mit 300 g Fleisch[28])	33	60
60 g Stärke mit 25 g Fett	72	17
60 g Stärke mit 300 g Fleisch und 25 g Fett	46	44
200 g Brot[49])	7	70

Im Endteil des Jejunums ist das Nahrungseiweiß durch die Fermente fast gänzlich in einen mehr oder weniger gelösten Zustand überführt worden. Mit den Kohlehydraten verhält es sich — wie dies der vorliegenden Tabelle zu entnehmen ist, bei weitem nicht immer so. Stärke als solche oder in Mischungen, falls sie nicht von solchen Nahrungskomponenten begleitet wird, die sie fixieren könnten, geht zu zwei Dritteln, zuweilen sogar in einem größeren Teil ohne jede Änderung in das Ileum über. Von den Spaltungsprodukten der Stärke geht Erythrodextrin in das Ileum merkwürdigerweise mit einem größeren Quantum unverdauten Restes (28 %), als Amylodextrin (12 %) über. Es wäre das Umgekehrte zu erwarten, da das letzere einen komplizierteren Bau der Moleküle aufweist. Es stellt sich also heraus, daß je größer das Molekül des Spaltungsproduktes der Stärke ist, es desto leichter der Einwirkung der Fermente in der oberen Hälfte des Darmes zugänglich ist. Dem entspricht auch die Tatsache, daß der Stärkekleister, der aus noch komplizierteren Molekülen besteht, eine noch geringere Ausscheidung der nicht reduzierenden Stoffe ins Ileum ergibt.

Der Rohrzucker beendet seinen Abbauprozeß im Jejunum und zwar unabhängig davon, ob er in trockenem oder gelöstem (z. B. 8 %) Zustande eingenommen wird.

Auch die Resorption des Rohrzuckers erfolgt fast ausschließlich im Jejunum. Aus den Zahlen der beigefügten Tabelle ist überhaupt ersicht-

lich, daß die Resorption der Kohlehydrate, obgleich sie mehr oder weniger hinter der Verdauung zurückbleibt, im Allgemeinen der letzteren doch folgt. So ergibt sich, daß das Amylodextrin, welches — wie es sich erwiesen hat — unter den höheren Stärkeabbauprodukten unter dem Einfluß der Fermente der Spaltung am leichtesten unterliegt, am leichtesten resorbierbar ist. Das entgegengesetzte Extrem bildet die Stärke selbst.

Der zeitliche Verlauf der Kohlehydrateverdauung im Darm.

Bei der Behandlung der Frage des zeitlichen Verlaufs der Verdauung wurde gezeigt, daß bei verhältnismäßig geringer Nahrungsmenge der Verdauungsprozeß nach der Formel für monomolekuläre Reaktionen verläuft. In gleicher Weise war es von Interesse, den zeitlichen Verlauf der Verdauung im Darme festzustellen. Zu diesem Zweck war es aus Gründen der Analogie notwendig, irgend einen, der Einwirkung der aus der Darmwand stammenden Fermente fähigen Nahrungsstoff zu wählen und ihn in einer Reihe analoger Experimente mit verschiedener Geschwindigkeit durch einen bestimmten Darmteil passieren zu lassen. Als der zweckmäßigste Stoff muß in diesem Fall Amylodextrin angesehen werden, da es bekanntlich durch das diastatische Ferment des Darmstoffes in toto und mit einer Langsamkeit gespalten wird, die eine genaue Verfolgung der Reaktion ermöglicht. Zur Experimentseinrichtung sind natürlich die beim „Resorptionshunde" gegebenen Bedingungen am zweckmäßigsten.

Der Versuchshund[6]) besaß die eine Fistel am Duodenum hinter der zweiten Papille, die zweite ca. 80 cm von der ersten entfernt. Für alle Versuche wurde immer fast die gleiche Amylodextrinmenge genommen, die in der gleichen Wassermenge (200 ccm) gelöst war, nur wurde in verschiedenen Versuchen die Geschwindigkeit der Injektion in den Darmabschnitt variiert, in jedem einzelnen Versuche jedoch die Einspritzung mit gleichmäßiger Geschwindigkeit ausgeführt. Die Dauer des Versuches ist durch den Beginn der Injektion und die Beendigung der Ausscheidung gegeben. Nach Beendigung der Ausscheidung wurden die Substanzreste mit physiologischer Kochsalzlösung gut ausgespült. Der Versuch begann stets damit, daß der Darmabschnitt zwischen beiden Fisteln mit physiologischer Kochsalzlösung zwecks Entfernung etwaiger Pankreassaftreste ausgespült wurde, und die Einspritzung der Versuchslösung erst 10 Minuten nach dem Spülen ausgeführt wurde.

Die erhaltenen Zahlen sind von Svante Arrhenius der mathematischen Bearbeitung unterworfen worden. Seine Tabelle zeigt, daß 1) wie der Verdauungs- so auch der Resorptionsprozeß nach der Mono-

molekulärformel $\log\frac{100}{L} = kt$ und $\log\frac{100}{M}$ $k\ t$ und die Darmsaftsekretion nach der Quadratwurzelformel $N = k_2 \sqrt{t}$ verlaufen, wo $k = 0{,}0059$, $k_1 = 0{,}0038$, $k_2 = 15{,}6$; *L*, *M*-Menge der nicht verdauten, nicht resorbierten Kohlehydrate; *N*- der Darmsaftstickstoff; *t*- die Zeit; *P*-Menge der reduzierenden Substanzen der Fistelausscheidung.

Tabelle C.

t (Min.)	*L* beob.	*L* ber.	*M* beob.	*M* ber.	*N* beob.	*N* ber.	*P*	
8	88,5	89,7	93,4	93,2	61	44	4,9	
15	62,2	81,6	79,1	87,7	97	59	16,9	
30	55,1	66,5	71,5	76,9	105	96	16,4	
50	54,5	50,7	64,2	64,6	117	110	9,7?	
75	39,5	36,1	53,7	51,9	102	135	14,2	
90	34,1	29,1	46,4	45,5	105	148	12,3	
120	21,1	19,6	39,2	34,2	178	171	18,1	12,3
140	24,8	14,9	31 3	29,4	—	—	6,5	
155	10,0	12,2	25,1	25,8	142	194	15,1	11,2
240	5,1	3,8	12,4	12,2	266	242	7,3	

So ergibt es sich, daß der Darm nach denselben Gesetzen wie der Magen unter den gegebenen einheitlichen Bedingungen arbeitet.

2. Nukleinsäure.

Der bei Zufuhr von Thymonucleinsäure aus einer Jejunoilealfistel aufgenommene Chymus war[15]) ein flüssiger Brei mit gelatinösen Stückchen. Nach 8tägigem Stehen im Brutschrank unter Toluolzusatz waren in der Flüssigkeit nur noch geringe Mengen eines gelatinösen Bodensatzes vorhanden. Das Filtrat wurde auf 500 ccm aufgefüllt und der *N*-Gehalt bestimmt (= 3,2 g), die Flüssigkeit mit Essigsäure schwach angesäuert und mit 25 %iger Bleiacetatlösung so lange versetzt, bis kein Niederschlag mehr entstand. Der Niederschlag wurde abfiltriert, sorgfältig mit heißem Wasser ausgewaschen, in heißem Wasser suspendiert und bei Wasserbadtemperatur mit H_2S zersetzt. Das Filtrat vom Bleisulfid enthielt 0,112 g *N*. Es wurde dann demselben abwechselnd Ammoniak und 25 %ige Bleiacetatlösung hinzugefügt, bis kein Niederschlag mehr entstand. Der Niederschlag wurde abfiltriert, mit kaltem Wasser gewaschen, in heißem Wasser suspendiert und heiß mit H_2S zersetzt. Das Filtrat vom Bleisulfid enthielt 0,66 g *N*. Es ließen sich keine freien Purinbasen auffinden. Offenbar befand sich die Hauptmenge der Purinbasen in nucleosidartiger Bindung.

Die Versuche weisen also darauf hin, daß die Spaltung der Nucleinsäure im Darme mit der Bildung von Nucleosiden abgeschlossen wird. Das steht im Einklang mit dem Levene' Befunde, bei dem sowohl die Hefe

— als auch die Thymonucleinsäure bei der Spaltung durch Darmfermente nicht über das Nucleosidstadium hinausgeht. Reine Nucleoside wie Inosin und Guanosin werden von keinem Verdauungssaft beeinflußt.

Bei Fütterung eines Hundes mit nukleinsaurem Natrium erhielt man ferner aus der Fistel im oberen Teil des Ileums[59]) einen Chymus, der zur Gewinnung von Derivaten der Nukleinsäure sehr geeignet erscheint. Bei Gewinnung des Chymus aus Fisteln, die oberhalb dieses Darmabschnittes liegen, enthält derselbe bei gleicher Fütterung mit nukleinsaurem Natrium große Mengen einer Substanz, die von fermentativen Einwirkungen noch verschont geblieben ist. Unter solchen Umständen ist der Abfluß des Chymus aus der Fistelöffnung behindert und nur mit Hilfe von Pinzetten gelingt es, die Verstopfung der Fistelöffnung zu beseitigen. Bei Gewinnung des Chymus aus dem oberen Teile des Ileums tritt dieses störende Moment weniger zum Vorschein, so daß es zweckmäßig erscheint die Fütterungsversuche mit Nukleinsäure bei Fistelhunden durchzuführen, deren Fistel im oberen Abschnitt des Ileums angelegt ist.

Das aus mehreren Versuchen stammende Material wurde nach Levene und Jakobs bearbeitet. Die Bleiverbindungen, in welchen Nukleoside angenommen werden konnten, wurden in heißem Wasser durch H_2S zerlegt und filtriert. Durch Aufkochen und nachfolgendem Stehenlassen in der Kälte wurden Kristalle ausgefällt, die sich als Guanosin erwiesen. Die Analyse der umkristallisierten Substanz ergab $C = 42{,}16\,\%$ und $H = 4{,}79\,\%$. Dieser Befund weist schon direkt darauf hin, daß die Nukleinsäure im Darminhalte chemisch degradiert wird und zwar nach dem Typus, nach welchem sie durch rein chemische Agentien hydrolysiert wird.

Eine weitere Frage bestand darin, ob die Nukleinsäure im Darme nur bis zum Stadium der Nukleoside abgebaut wird.

Da der Spaltungsprozeß der Nukleinsäure im Darme nur sehr langsam verläuft, ist die Menge der einfacheren Verdauungsprodukte der Nukleinsäure, die selbst unter günstigsten Bedingungen (aus einer Ileumfistel) gewonnen wird, zu gering, um eine chemische Analyse zu gestatten. Aus diesem Grunde schien uns ein Verfahren zweckmäßiger, das auf einer künstlichen Verzögerung der fermentativen Einwirkung basierte. Es wurde darnach nach Verfütterung von 30 g Thymonukleinsäure der Chymus aus der Ileumfistelöffnung gewonnen und einer 8-tägigen Brutschrankeinwirkung ausgesetzt. Freie Purinbasen ließen sich in dieser Flüssigkeit nicht auffinden.

3. Fette.

Aus den Versuchen mit verschiedenen Fettsubstanzarten hatte man eine gewisse Aufklärung der Frage erwarten dürfen, in welcher Form

das Fett von der Darmwand resorbiert wird. Gegenwärtig ist festgestellt, daß vor der eigentlichen Resorption das Fett einem fermentativen Prozeß unterliegen muß. Alle übrigen Fragen jedoch erfordern noch einer experimentellen Beleuchtung. Wie ist es zu erklären, daß nur die Fettsäuren als solche nach der Abspaltung vom Fettmolekül von der Darmwand resorbiert werden; andererseits ist es aber keineswegs ausgeschlossen, daß neben den Fettsäuren auch Reste der Neutralfette der Resorption zugänglich sind. Ferner muß man damit rechnen, daß neben den Fettsäuren die normaliter im Darminhalt vorkommenden Seifen auch eine gewisse Rolle bei der Resorption spielen, daß ihnen vielleicht eine ausschlaggebende Rolle bei der Resorption zukommt.

Führt man einem Hunde[60]) das Eigelb des Hühnereies zu und analysiert dann den Chymus, der aus der Fistel des oberen Ileum aufgefangen wird, so kann man sich davon überzeugen, daß derselbe während des ganzen Verdauungsprozesses reich an Fettsäuren ist. Bei einem solchen Versuche wurde der Chymus aus der offenen Fistel im Laufe von 8 Stunden aufgefangen, die jeweiligen, in einer Stunde gesammelten Chymusmengen einer Analyse unterworfen. Die durch die einzelnen Analysen erhaltenen Werte, die das Verhältnis der freien Fettsäuren zum Gesamtgehalt der freien und der an Glyzerin gebundenen Fettsäuren in Prozenten ausdrücken, waren folgende: 70, 78, 75, 59, 64, 51, 47, 54. In einem anderen Falle wurde ein Fütterungsversuch mit hartgekochtem Eigelb angestellt, bei dem die Fistel geschlossen blieb und der Chymus durch kurzdauernde Öffnung der Fistelkanüle in der 3. und 6. Stunde nach Beginn der Verdauung gewonnen war. Es zeigte sich, daß auch bei dieser Versuchsanordnung die erhaltenen Werte hoch waren bezw. 49 und 54 betrugen.

Bei Verwendung von nicht emulgierten Fetten[10]) war der Gehalt des Chymus an freien Fettsäuren bis 50 % beim Rinderfett und 22 % beim Schweinefett. Der entsprechende Gehalt an Fettsäuren in Form von Seifen betrug 16 bezw. 8 %. Demzufolge kann angenommen werden, daß der in das Ileum eintretende Fettchymus einen beträchtlichen Gehalt an Verdauungsprodukten des Fettes aufweist, wobei die Seifen ungefähr 25 % der letzteren ausmachen. Wenn man annehmen wollte, daß der Gesamtgehalt an Fett nur in Form von Seifen resorbiert wird, so wäre der verhältnismäßig geringe Seifengehalt des Chymus im Ileum wohl verständlich, bei der Annahme, daß mit fortschreitender Verseifung in den oberhalb des Ileum gelegenen Darmpartien die Seifen aus dem Darminhalt verschwinden bzw. resorbiert werden. Bei dieser Annahme wird wiederum die Frage aufgeworfen, ob de facto die Seifen aus dem Darminhalt einer schnelleren Resorption unterliegen, als die entsprechenden

Fettsäuren. Zur Lösung dieser Frage wurden an dem gleichen Hunde einige Fütterungsversuche angestellt, wobei ihm in einzelnen Versuchen Olein-, Palmitin- und Stearinsäure und die diesen Säuren entsprechenden Natronsalze verabreicht wurden. Das Futter bestand demnach aus einer gleichmäßigen Mischung der eben erwähnten Substanzen, die mit 150 g Brot und erwärmten Wasser vermengt wurden. In denjenigen Fällen, wo Stearin- und Palmitinsäure zur Anwendung kamen, wurde das Futter in der Weise zubereitet, daß zu den geschmolzenen Säuren 65 g Buchweizenmehl allmählich beigemengt, darauf ein bestimmtes Quantum Wasser und Kochsalz zugesetzt wurden und der so hergestellte Teig leicht gebacken. Die Versuchsergebnisse waren folgende: in den Fällen, in denen Fettsäuren verabreicht wurden, konnte eine partielle Umwandlung derselben in Seifen im Chymus nachgewiesen werden. Bei Fütterung mit Oleinsäure konnten sogar im Chymus keine freien Fettsäuren, sondern fast nur in Verbindung mit Alkali nachgewiesen werden. Der Chymus nach Palmitinsäurefütterung enthielt 6 % der Säure in Seifenform. Nach Stearinsäurefütterung war der entsprechende Wert 5 %. Die Stärke der Resorption dieser Fettsäuren stand in einem gewissen, wenn auch keineswegs vollständigen Parallelismus zu dem relativen Seifengehalt des Chymus. So wurden von der Oleinsäure 83 %, von der Palmitinsäure 63 % und schließlich von der Stearinsäure 90 % resorbiert. Dieser Umstand weist darauf hin, daß die Bildung von Seifen die Resorptionsprozesse zu begünstigen scheint. Auch die Versuchsergebnisse beim Ersatz der Säuren durch die entsprechenden Seifen stehen mit dieser Anschauung im Einklang. In allen diesen Fällen konnte nachgewiesen werden, daß die Resorption in den oberhalb des Ileum gelegenen Darmpartien am energischsten vor sich geht. Statt 19 %, die bei Stearinsäurefütterung resorbiert wurden, kamen bei Verabreichung von Stearinsäurenatron 53 % zur Resorption. Bei Palmitinsäure und der entsprechenden Seife betrugen die entsprechenden Werte 63 % und 67 % und bei Oleinsäure und dem Oleinsäurenatron 83 % bzw. 91 %. Auf Grund dieser Versuchsergebnisse darf der Schluß gezogen werden, daß die Seifenbildung im Darme eine größere ist, als auf Grund der Untersuchungen des Chymus, der aus den oberen Partien des Ileum gewonnen wird, geschlossen werden kann.

Gleichzeitig muß angenommen werden, daß der Prozeß der Seifenbildung einen entschieden begünstigenden Einfluß auf die Fettresorption ausübt. Daß die Seifen als solche der Resorption zugänglich sind, dürfte als sicher betrachtet werden. Ob hingegen der Gesamtgehalt an Fett nur in Seifenform resorbiert wird, können erst weitere Untersuchungen lehren. Höchstwahrscheinlich werden Seifen samt Fettsäuren resorbiert.

Ileum.

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß die Verdauungs- und Resorptionsvorgänge nur in seltenen Fällen mit dem Übergang des Chymus in das Ileum abgeschlossen sind. Der in das Ileum eintretende Chymus ist in den meisten Fällen ziemlich reich an löslichen Verdauungsprodukten der Nahrung, in manchen Fällen aber auch an ganz unveränderten Speisebestandteilen. Man kann also sagen, daß im Allgemeinen die Verdauungs- und Resorptionsvorgänge im Ileum fortgesetzt werden. Außer den Verdauungssäften, die mit dem Chymus hierher gelangen, spielt hier die obligate bakterielle Flora, die besonders reichlich in den unteren Partien des Darmtraktus vertreten ist, eine gewisse, wenn auch untergeordnete Rolle. Aus der folgenden Tabelle z. B. ist ersichtlich, wie beim Fistelhunde die Zahl der Bakterien, die im Darmabschnitt der Fistel leben in der Richtung vom Magen zum Coecum zunimmt,[61]) und zwar sowohl in der Hunger- als auch in der Verdauungsperiode.

Tabelle CI.

Fistellage	Bakterienzahl		
	in 1 mg Schleimhautbelag	in 1 mg Verdauungsbrei	
	Hungerzustand	Milchfütterung	Eiereiweißfütterung
Magen	33	25	25
Oberes Duodenum	70	25	23
Unteres Duodenum	80	28	28
Jejunum	115	175	88
Ileum	175	225	135
Ileocoecalgegend	450	475	550

Was die Arten der bakteriellen Flora anbelangt, so überwiegt im Ileum unter den obligaten Darmbakterien der Bacillus septicus putidus im Gegensatz zu den hinterliegenden Darmabschnitten, wo hauptsächlich Bakt. coli, mesentericus vulgatus, Sarcina und Saccharomyces vertreten sind. Bei der Verdauung von Milch vermehrt sich bedeutend der Bac. lacticus, bei reiner Eiweißnahrung Proteus vulgaris. Von allen diesen Bakterien kann nur B. septicus putidus, der obligate Bewohner des Ileums, eine gewisse untergeordnete Rolle bei der physiologischen Verarbeitung der Nahrung spielen. Alle obigen Bakterien, insbesondere der B. mesentericus, haben offenbar hauptsächlich die Bedeutung von desamidierenden Agentien.

Wie dem auch sei, so werden dennoch selbst im Ileum die Verdauungs- und Resorptionsvorgänge nicht bei jeder beliebigen Zusammensetzung der Nahrung abgeschlossen. In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Befunde betreffs des Überganges des Chymus in den Dickdarm bei verschiedener Zusammensetzung der Nahrung, in wieweit man das auf Grund

der Exkretion aus einer oberhalb der Ileocoecalklappe angelegten Fistel beurteilen kann, zusammengefaßt.

In der Tabelle sind die Angaben für jede Kategorie von Substanzen nach der Abnahme des Gehaltes an unverdauten und nicht resorbierten Stoffen im ileocoecalen Chymus zusammengestellt.

Für Eiweißstoffe sind die Stickstoffwerte angegeben, die zwar infolge von Säftebeimengung nicht ganz genau die absoluten Mengen der stickstoffhaltigen Substanzen der Nahrung wiedergeben, aber dennoch als Meßzahl für die letzteren dienen können. Für Kohlehydrate und Fette sind die Zahlenangaben genauer.

Tabelle CII.

Zugeführt	Menge des Fistelexkretes in g	Erschienen im Chymus in % des gegebenen				
		N		Kohlehydrate		Fette
		Gesamt	Koagulierbar. Substanzen	Gesamt	Unverdaut	
200 g Eierklar[4])	230	78	73	—	—	—
30 g entfettete Tuberkelbacillen[62])	105	71	56			
25 g Elastin[63])	59	41	11	—	—	—
200 g Eiereiweiß (koaguliert)[4])	60	13	8	—	—	—
150—300 g Gelatine[64])	—	7	—	—	—	—
300 g Fleisch[50])	54	5	3	—	—	—
Biuretbase[65])	—	0	0	—	—	—
d-Leucin	—	0	0	—	—	—
Diglycyl-glycin	—	0	0	—	—	—
50 g Erythrodextrin (trocken)[16])		—	—	34	29	—
52 g Stärke (trocken)	—	—	—	22	11	—
25 g Erythrodextrin (400 ccm H_2O)	55	—	—	12	6	—
20 g Stärke(kleister)		—	—	7	6	—
20 g Amylodextrin (400 ccm H_2O)		—	—	5	2	—
60 g Stärke (Emulsion)	58	—	—	4	1	—
25 g Rohrzucker (400 ccm H_2O)	27	—	—	0,6	—	—
50 g „ (trocken)	47			0,4	0	—
19 g Dextrose (400 ccm H_2O)	43	—	—	0	—	—
25 g Schweinefett[28])	68	—	—	—	—	31
200 g Brot[49])	76	14	2	6	4	—
300 g Fleisch + 60 g Stärke + 25 g Fett[28])	87	10	6	5	2	3
300 g Fleisch + 60 g Stärke	99	11	—	4	2	—
60 g Stärke + 25 g Fett	99	—	—	3	1	4
300 g Fleisch + 25 g Fett	77	8	4	—	—	3
21 g Alkohol[26])	0					
0,476 g Kalomel[20])	87					

Aus diesen Befunden geht hervor, daß das Endresultat der gemeinsamen Verdauungstätigkeit des Magens und des gesamten Dünndarmes für

verschiedenartige Eiweißstoffe ein verschiedenes ist und wie der Zustand der Verdauung in den einzelnen Darmabschnitten zeigte, sowohl von den physikalischen wie chemischen Eigenschaften der Nahrung abhängig ist. Dreiviertel des rohen Eiereiweißes erreichen den Dickdarm unverarbeitet, während von demselben Eiweiß, wenn es vorher durch Kochen zur Gerinnung gebracht ist, ceteris paribus nur ungefähr ein Zehntel in unverdautem Zustande in den Dickdarm gelangt. Der Einfluß der chemischen Natur des Nahrungseiweißes tritt deutlich hervor, wenn man den Ileocoecalchymus nach Einführung entfetteter Tuberkelbacillen, Elastin, Gelatine und Fleisch mit einander vergleicht. Hier schwanken die Werte zwischen 71 % und 5 %.

Unter den geprüften Kohlehydraten wies Erythrodextrin die geringste Verdaulichkeit und Resorbierbarkeit auf. Als dieses eigenartige Verhalten des Darmtraktus an der Ausscheidung einer Jejunalfistel festgestellt war, konnte man erwarten, daß vielleicht das Ileum für eine definitive Verdauung und Resorption der reichlichen, noch unverdauten Nahrungsreste, die hierher gelangen, bestimmt ist. Es erweist sich jedoch, daß das Ileum nur verhältnismäßig wenig zur Arbeit der höheren Darmabschnitte in Bezug auf das Erythrodextrin hinzufügt. Aus der Jejunalfistel erhielt man im Chymus 38 % als unverdauten Rest (bei Verabreichung in Pulverform), aus der Ileumfistel 29 %. Bei Verabreichung einer Lösnng wurde im ersten Fall 58 % resorbiert, im zweiten 88 %. Die geringe Verdaulichkeit und Resorbierbarkeit des Erythrodextrins tritt besonders scharf bei dem Vergleich mit Stärke zu Tage. Bei Verabfolgung von trockener Stärke wurde im Ileocoecalabschnitt des Darmes um 12 % mehr resorbiert, als bei Verabreichung von trockenem Erythrodextrin, von einer Stärkeemulsion um 8 % mehr, als von der Erythrodextrinlösung. Amylodextrin verhält sich im Darm ebenso wie Stärke. Diese Tatsachen gestatten uns den Schluß zu ziehen, daß die Degradation der Stärke im Darm mit Umgehung des Erythrodextrins erfolgt.

Schweinefett, per se verabfolgt, erreicht den Dickdarm in großer Menge unresorbiert (31 %). Die Beigabe eines anderen Nahrungsmittels — sowohl von Eiweiß als auch von Kohlehydraten — erhöhen die Resorbierbarkeit.

Was die Stärke anbelangt, so übt die Beigabe von Fleisch oder Fett keinen Einfluß auf die Gesamtresorption im Darme aus. In Betreff des Eiweißes erhält man auf den ersten Blick aus den Zahlen den Eindruck, als ob der Zusatz oben erwähnter Ingredientien ihre Verdaulichkeit und Resorptionsfähigkeit im Dünndarm vermindert. In Wirklichkeit ist das aber wohl kaum so: Wenn die Beigabe von Fett und Stärke zum Fleisch eine gesteigerte Exkretion gerinnbarer und nicht

gerinnbarer Stickstoffsubstanzen aus der Ileocoecalfistel hervorruft, so läßt sich dieses eher dadurch erklären, daß diese Beimengungen — wie schon oben bewiesen — auch zugleich die Sekretion der stickstoffhaltigen Säfte steigern, auf deren Kosten wenigstens zum Teil die erhöhten Stickstoffwerte zu beziehen sind. Andererseits darf man jedoch nicht annehmen, daß der ganze Stickstoff, der in den Dickdarm ausgeschieden wird, den stickstoffhaltigen Substanzen der Säfte entstammt. Es erweist sich nämlich, daß die im Wasser löslichen Produkte des Chymus, nach Entfernung der durch Hitze gerinnenden Stoffe, noch Abbauprodukte in verhältnismäßig nicht geringer Menge enthalten. Wenn aber als Nahrungseiweiß ein Material diente, das, wenn es im Chymus in unverändertem Zustande enthalten ist, sich leicht aus demselben ausscheiden läßt, so läßt sich gewöhnlich die Anwesenheit von bald größeren, bald kleineren Mengen nachweisen. So gelingt es bei Verabreichung von festgeronnenem Eiweiß aus dem Ileocoecalchymus mechanisch bis 0,3% der verabreichten Substanz wiederzugewinnen, bei Verabreichung von Elastin bis 5%.

Nach dem Unterschied des Exkrets aus einer unteren Jejunum- und unteren Ileumfistel bei demselben Hunde kann bei Verfütterung von einer bestimmten Speise recht genau der Anteil des Ileums an der Verdauungsarbeit dieses Nahrungsmittels abgeschätzt werden. In der beigefügten Tabelle CIII sind die Zahlenbefunde für einen derartigen Hund bei Verfütterung von 600 ccm Milch zusammengestellt[66]). In dieser Tabelle beziehen sich die Minuenten auf das Jejunumexkret, die Subtrahenten auf das Ileumexkret. Es erweist sich, daß dem Ileum eine Resorption von 30% Stickstoff und 26% Zucker sowie 4% Fett zukommt, wobei fast der gleiche Anteil von Nahrungskomponenten für die weitere Resorption in den Dickdarm übergeht.

Tabelle CIII.

Verdauungsstunden	Menge (ccm)	Zucker (g)	Stickstoff (g)	Fett (g)
		der Fistelausscheidungen		
1	364 — 24 = 340	9,5 — 0,5 = 9,0	0,82 — 0,11 = 0,71	
2—3	132 — 109 = 23	2,3 — 5,2 = 2,9	0,36 — 0,24 = 0,12	
4—8	30 — 58 = —28	0 — 0,5 = —0,5	0,22 — 0,28 = —0,06	
Im Ganzen	550 — 190 = 360	12,0 — 6,0 = 6,0	1,38 — 0,61 = 0,77	

Resorbiert in %

Zucker		Stickstoff		Fett	
Duod.-Jejun.	Ileum	Duod.-Jejun.	Ileum	Duod.-Jejun.	Ileum
39	30	54	26	94	4

Ueber den Gehalt der nicht gerinnbaren Produkte des Ileocoecalchymus an Aminosäuren[43]) gibt die folgende Zusammenstellung Aufschluß.

Tabelle CIV.

Eiweißart der Nahrung	Gehalt an Monoaminosäuren in % zu der aschefreien Trockensubstanz der löslichen Chymusprodukte aus den Esterfraktionen			Verhältnis zwischen Tyrosin und Glutaminsäure (= 100) in den		
				verfütterten Eiweiß-substanzen	löslichen Verdauungsprodukten des Ileocoecal-chymus mit Phosphor-wolframsäure	
	I	II	III		fällbaren	nicht fällbaren
Fleisch	2,6	0	0,6	—	—	—
Eiereiweiß	2,1	0,6	2,0	14 : 100	0 : 100	25 : 100
Gliadin	0,2	0,04	0,8	—	—	—
Casein	—	—	—	41 : 100	0	0

Aus den angeführten Zahlen ergibt sich, daß der Ileocoecalchymus in verhältnismäßig nicht unbedeutender Menge freie Aminosäuren aller Esterfraktionen enthält. Allem Anschein nach sind das diejenigen Aminosäuren, die hierselbst oder etwas höher im Ileum, abgespalten wurden. Wenigstens findet man, wie aus der obenangeführten Tabelle CII ersichtlich, freie Aminosäuren und Peptide, die mit der Nahrung zusammen verzehrt wurden, im ileocoecalen Abschnitt des Darmes nicht mehr. Weiter erweist es sich, daß der Ileocoecal-Chymus neben den freien Aminosäuren und den durch die Fermente nicht veränderten Eiweißstoffen noch kompliziertere Abbauprodukte enthält, die sich durch Hydrolyse zersetzen lassen und noch verhältnismäßig beträchtliche Mengen — beispielsweise — von Tyrosin und Glutaminsäure geben. Wie nach den Ergebnissen der Analyse des in das Ileum eintretenden Chymus zu erwarten war, bleibt hier das Tyrosin nur in Verbindungen, die durch Phosphorwolframsäure nicht gefällt werden, bestehen. Alles obenerwähnte hat daher auch hier Geltung.

Die Eiweißabbauprodukte aus dem Anfangsteil des Ileum weisen noch einen verhältnismäßig hohen Gehalt an Peptidstickstoff auf (S. 201). Viel geringer ist dessen Gehalt im Chymus, welcher aus einer Ileocoecalfistel gewonnen ist. Bei Fleisch-Fütterung z. B. weist dieser Chymus einen Gehalt von ca. 25% Peptid-N auf. Die Biuretreaktion fällt hier nicht selten positiv aus.

Colon.

Um festzustellen, inwieweit der Dickdarm am normalen Verdauungsprozeß beteiligt ist, genügt es, die Fäces mit dem Ileocoecalexkret unter den gleichen Bedingungen[32]) zu vergleichen. In der folgenden Tabelle sind die diesbezüglichen Befunde zusammengestellt, aus denen ersichtlich ist, daß während der Passage durch den Dickdarm die Menge der stickstoffhaltigen Substanzen und Kohlehydrate eine gewisse Ab-

nahme erleidet, das Fett dagegen, allem Anschein nach, den Dickdarm in unverminderter Menge, wieder verläßt.

Tabelle CV.

Art des Exkretes	Nahrung	N des Exkretes in $^0/_0$ der zugeführten Menge	Reduzierende Substanzen (Zuckerwerte)	Fette (Säuren)
Ileocoecalfistelausscheidung	Fleisch, Stärke und Schweinefett	10	5	3
Faeces		7	3	3,5

Obwohl der Ileocoecal-Chymus eine weniger flüssige Beschaffenheit besitzt, als der Chymus der höher gelegenen Abschnitte des Dünndarmes, hat er noch lange nicht die feste Konsistenz, durch die sich die normalen geformten Fäces des Hundes auszeichnen. Folglich wird im Dickdarm Wasser resorbiert, das beweist schon allein die äußere Beschaffenheit beider Vergleichsobjekte. Da der Ileocoecalchymus, wie oben angeführt, unter anderem Abbauprodukte der Eiweißverdauung enthält, kann man annehmen, daß letztere mit dem Wasser zusammen im Dickdarm resorbiert werden. Die Resorption kann sich natürlich auch auf Abbauprodukte der Kohlehydrate als solche beziehen. Da sich jedoch im Dickdarm beständig die verschiedensten Bakterienarten aufhalten, ist es schwer anzunehmen, daß Stoffe, die durch Mikroben leicht zersetzbar sind, unverändert diesen Darmabschnitt passieren.

Pathologische Darmchymologie.

In diesem Abschnitt wird es erforderlich sein von Zeit zu Zeit auch auf die Pathologie des Magens einzugehen, da die Darmexkretion bei gewissen Nahrungsarten, wie es aus dem oben Mitgeteilten hervorgeht, recht deutlich die Tätigkeit des Magens widergibt. Dieses bezieht sich besonders auf Milch, die besonders in den ersten Stunden der Verdauung recht rasch bis zum Anfange des Ileums gelangt, sobald die Ausscheidung aus dem Magen erfolgt. Der Anfangsteil des Ileums ist der geeignetste Beobachtungspunkt, der den Ausblick — bei Eingabe von Milch oder eines Gemisches von Fleisch und Stärke — auf die Arbeit des Magens und des oberen Darmes eröffnet. —

1. Blutverarmung.

Bei einer einmaligen Blutentziehung von ca. 40 $^0/_0$ des zu voraussetzenden Blutquantums lassen sich beim Hunde ganz eigenartige Veränderungen in den Darmvorgängen beobachten[7]). Die Abscheidung der transpylorischen Verdauungssäfte wird ganz bald gestört. Es lassen sich

zwei Stadien in dieser Störung wahrnehmen: 1. Depressionsstadium, durch eine herabgesetzte Säftesekretion, (Galle, Pankreassaft, Darmsaft) charakterisiert. 2. Exzitationsstadium mit einer gesteigerten Säftesekretion. Das erste Stadium dauert 1—2 Tage nach der Blutentziehung, worauf das zweite Stadium beginnt, welches mehrere Tage anhält. Die im ersten Stadium sezernierten Säfte weisen gewöhnlich einen höheren Gehalt an N-Substanzen auf, als die Säfte im zweiten Stadium. Während des ersten Stadiums kann der Verdauungs- und Resorptionsgrad in den oberen Darmteilen die Norm sogar bedeutend übertreffen, was einerseits durch Verlangsamung der Magenentleerung und andererseits durch Steigerung der Säftekonzentration bedingt sein kann.

Die wiederholten Blutentziehungen bewirken Störungen derselben Art, aber in schärferem Maße.

Die Wiederherstellung der gestörten Funktionen scheint mit ungleicher Schnelligkeit für die verschiedenen Abteilungen des Verdauungsapparates zu verlaufen. Am schnellsten kehrt die motorische Tätigkeit des Verdauungstraktus zur Norm zurück.

2. Ausschaltung des Pylorusringes.

Wie oben gezeigt wurde, verfrüht die Ausschaltung des Pylorusringes den Beginn der Entleerung des Magens. Wird Milch verfüttert, so beginnt eine ungewöhnliche Exkretion von Vollmilch, die ca. 20 Minuten dauert; darauf nimmt die Magenexkretion einen normalen Gang an. Studiert man nun sorgfältig die vorliegende Tabelle CVI, in der die Resultate der Untersuchung der Chymusexkretion bei einem Jejunoilealfistelhund[26]) mit ausgeschaltetem Pylorusring vor *(v)* und nach *(n)* der Operation zusammengestellt sind, so ergibt dieselbe, daß bei Milchnahrung die ganze Abnormität sich darin äußert, daß ein Teil der Milch in unverändertem Zustande übergegangen war und daß aus diesem Grunde ins Ileum im Laufe der ersten Stunden 62 % Fett (der Gesamtausscheidung) befördert wurden statt 18 % in der Norm und daß ferner in den nächstfolgenden Stunden der Übergang von Fett sich verringert hatte: statt 9 %—18 %—22 %—32 % nur 3 %—17 %—9 %—9 %. Nimmt man aber die Gesamtbilanz, so ergibt sich, daß der Pylorusdefekt auf dieselbe einen kaum merklichen Einfluß ausgeübt hatte: vor der Entfernung des Pylorusringes betrugen der Stickstoff, Zucker und das Fett des Chymus, welcher ins Ileum übergangen war, 53 % - 47 % 6 %, nach dessen Entfernung sind die betreffenden Ziffern nur um weniges gestiegen: 60 %—54 %—8 %. Alle angeführten Abweichungen von der Norm schwanden ziemlich rasch, worauf schon früher hingewiesen wurde (S. 102). Es ist anzunehmen, daß die Verdauungsabnormität, welche durch die Ausschaltung des Pylorusringes

für einige Zeit hervorgerufen wird, im Ileum ausgeglichen wird. Direkte Versuche in dieser Richtung stehen aber noch aus.

Während der Effekt einer chirurgischen Entfernung des Pylorus nur ein kurz andauernder und rasch vorübergehender ist, sind die Folgen einer Verengerung desselben, falls dieselbe durch mechanische Mittel hervorgerufen werden, sehr scharf ausgeprägt und andauernd. Natürlich ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß auch die mechanische Erweiterung des Pylorus desgleichen andauernde Verdauungsstörungen hervorrufen würde.

Tabelle CVI.

Verdauungsstunde	Ausgeschiedener Chymus in ccm		*N* der koagulablen Substanzen in °/₀ des Gesamt-*N* der betr. Chymusportion g		Peptidzahl der gelösten *N*-Substanzen		Verhältnis (in °/₀) der betr. Stundenportion zum gesamten Chymus des Versuches: Zucker		*N*		Fett	
	v.	n.	v.	n:	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.
					a. Ausschaltung des Pylorus.							
1	340	325	13	5	54	46	77	68	41	51	18	62
2	95	74	12	45	54	—	21	26	14	8	9	3
3—4	84	52	38	18	48	53	3	6	16	14	18	17
5—6	51	44	35	19	46	43	0	0	12	9	22	9
7—8	105	81	18	13	49	65	0	0	17	18	32	9
Zusammen in °/₀ des verabfolgten	118	96					53	60	47	54	6	8
					b. Verengerung des Pylorus.							
1	416	36	4	11	53	71	89	19	47	17	12	8
2	120	48	7	10	73	68	10	87	16	18	22	4
3—4	166	61	9	16	46	56	1	39	23	24	48	7
5—6	56	24	1	15	60	56	0	4	9	11	12	12
7—8	36	23		17	44	38	0	1	5	11	6	24
9—11	0	32		18	—	—	0	0	0	13	0	20
12—13	0	14		—	—	—	0	0	0	6	0	25
Zusammen in °/₀ des verabfolgten	132	87					54	28	50	25	17	2

3. Verengerung des Pylorus.

Starke Verengerung des Magenausganges hat im Gefolge bedeutende Veränderungen im Gange der Darmverdauung. Beoabachtet[26]) man die Exkretion aus der Fistel am Anfangsteile des Ileum bei Verabfolgung

von 600 ccm Milch, so fällt vor allem ins Auge Verspätung des Beginns der Entleerung. Bei normalem Zustande des Magenausganges begann bei einem Hunde die Exkretion 6—7 Minuten nach der Milchaufnahme. Nachdem aber bei demselben der Pylorus verengert worden war, erschienen die ersten Ausscheidungen unter denselben Bedingungen erst nach ca. 18 Minuten. Während der ganzen weiteren Verdauungsperiode ging die Entleerung äußerst träge vor sich. Anstatt z. B. 416 ccm Chymus in der ersten Stunde nach der Milchaufnahme im Kontrollversuch, entleerte der Hund nach der Verengerung des Pylorns nur 36 ccm (Tabelle CVI). In den folgenden Stunden waren die Differenzen eben so groß. Während die Gesamtmenge des ausgeschiedenen Chymus im Kontrollversuch 132 % der Zufuhr betrug, wurden beim verengten Pylorus nur 37 % erhalten. Derselbe Unterschied läßt sich auch in bezug auf die festen Bestandteile des Chymus wahrnehmen. Anstatt 54 % des gegebenen Zuckers, 50 % des Stickstoffs und 17 % des Fettes des Kontrollversuches, wies der Versuchschymus nur 28 % des gegebenen Zuckers, 25 % des Stickstoffs und 2 % des Fettes auf.

Der beim normalen Hund so charakteristische Exkretionstypus wurde durch die Verengerung des Pylorus ganz alteriert. So z. B. erschien die lebhafteste Exkretion nicht in der ersten Stunde wie gewöhnlich, sondern erst in der 4. Stunde.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß bei der Verengerung des Magenausganges die Verdauung und Resorption im Darme verlangsamt werden und sich hauptsächlich in den oberen Darmabschnitten abspielen.

4. Ausschaltung des Antrums samt Pylorus.

Ein Hund mit ausgeschaltetem pylorischen Magenteil[18]) wurde zweimal in gleichartiger Weise untersucht. Der Hund hatte eine Fistel am Anfangsteil des Ileum. Der Magen wurde mit dem Duodenum vereinigt. Ein Versuch mit continuierlichem Chymusabfluß hatte gezeigt, daß die Fistel bei 600 ccm Milch eine sehr große Menge von Fistelexkret liefert, weshalb zur Wahrung möglichst natürlicher Versuchsbedingungen die Methode der diskontinuierlichen Exkretion vorgezogen wurde. Jede Stunde wurde die Fistel für 15 Minuten geöffnet, um den Chymus abfließen zu lassen, und darauf für $^3/_4$ Stunden geschlossen. 4 Versuche wurden im Verlaufe des ersten Monates und wieder 4 Versuche nach Verlaufe von einem Jahre nach der Operation ausgeführt. In der angeführten Tabelle sind die Ziffern, die im Vorversuch „*a*“ und in den beiden Nachversuchen („*b*“ — ein Monat und „*c*“ — ein Jahr nach der Operation) zusammengestellt.

Tabelle CVII.

Verdauungs- viertelstunde	Verdauungs- stunde	Menge des ausgeschiedenen Breies in einzelnen Viertelstunden ccm			Menge des ausgeschiedenen Breies in einzelnen Stunden ccm			Koagulable N-Substanzen in % zum Gesamt-N der betr. Stundenportion			Peptid-Zahl der gelösten N-Substanzen			Verhältnis (in %) der betreff. Stundenportion zum gesamten Chymus des Versuches: Zucker			N			Fett		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1		41	148	73																		
2		55	10	6																		
	I				128	311	261	11		7	56	51	74	15	31	23	21	46	26	15	69	28
3		14	51	70																		
4		18	102	112																		
1		175	62	72																		
2		84	59	60																		
	II				347	255	295	7		15	56	75	72	53	38	38	39	19	20	32	6	16
3		60	53	70																		
4		28	81	90																		
1		66	89	78																		
2		34	40	45																		
	III–IV				196	214	209	21		9	62	74	52	24	28	37	26	16	17	28	4	7
3		32	56	52																		
4		64	29	34																		
1		12	26	12																		
2		12	13	11																		
	V–VI				59	59	38	21	21		62	75	—	7	3	2	14	7	9	26	8	8
3		13	4	12																		
4		22	16	3																		
1		—	7	7																		
2		—	15	19																		
	VII–VIII				—	39	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	10	—	5	14
3		—	6	5																		
4		—	12	12																		
1		—	10	18																		
2		—	9	0																		
	IX–X				—	34	40	—	—	—	—	—	—				—	3	10	—	5	21
3		—	7	12																		
4		—	8	10																		
1		—	10	0																		
2		—		6																		
	XI–XII				—	27	23	—	—	—	—	—	—				—	3	8	—	3	6
3		—	17	8																		
4		—		9																		
Zusammen in % des gegebeen					122	157	135							70	87	71	65	78	69	28	70	22

Ein flüchtiger Blick auf Tab. CVII genügt, um sich davon zu überzeugen, daß nach Ausschaltung der pars pylorica des Magens die Bewegung des Chymus durch den Darm stark verändert wird. Unter normalen Verhältnissen ist die Geschwindigkeit der Fortbewegung des Chymus durch den oberen Ileumabschnitt am größten in dem ersten Viertel der zweiten Stunde (175 ccm). Nach Ausschaltung des pylorischen Magenteiles mit einer Gastroduodenostomie ist das in der ersten Viertelstunde nach der Fütterung der Fall (148 ccm). Mit der Zeit aber gleicht sich die Abnormität aus, so daß ca. ein Jahr nach der Operation die lebhafteste Exkretion (112 ccm) in der vierten Viertelstunde nach der Fütterung war.

Die Gesamtmasse des das obere Ileum passierenden Chymus ist beim Fehlen des pylorischen Magenteils größer (um ca. 200 ccm) als in der Norm und zwar, wie es scheint, deswegen, weil in der Frühperiode der Verdauung unveränderte Milch eintritt. In der Tat zeigt die Tabelle, daß, wenn diese Abnormität mit der Zeit verschwunden ist, das Quantum des ausgeschiedenen Chymus zur Norm zurückkehrt.

Was für die Gesamtmasse des Chymus gilt, trifft auch für die einzelnen Nahrungskomponenten zu. Normal wurden aus der Fistel entleert: 70 % des gegebenen Zuckers, 65 % *N* und 28 % Fett. Ein Monat nach der Antrumausschaltung: 87 % Zucker, 78 % *N* und 70 % Fett, und nach Verlauf von einem Jahre: fast wie in der Norm 71 % Zucker, 69 % *N* und 22 % Fett. Besonders auffallend ist der hohe Wert für Fett, was aber durch den Eintritt einer großen Menge unveränderter Milch in den Darm in der ersten Zeit nach der Operation erklärt wird.

Die Dauer der Exkretion jedoch blieb nach langer Zeit dieselbe ($2^1/_2$ Jahre nach der Operation[29])).

5. Sanduhrmagen.

Methodische Angaben.

Ein eigenartiges pathologisches Bild stellt der sog. Sanduhrmagen vor. In der Pathologie des Menschen ist derselbe am häufigsten, wenn nicht ausschließlich, die Folge eines vernarbten Ulcus ventriculi. Die Sanduhrmagenform experimentell hervorzurufen, ist vollkommen einfach und sicher: an einer angemerkten Stelle wird der Magen zwischen zwei Klemmpunkten nach Abtrennung eines entsprechenden Abschnittes des großen Netzes unter Schonung der Gefäße durchschnitten. Der Schnitt wird vermittelst einer Schere durch beide Magenwände geführt, wobei mit dem Vorrücken des Schnittes gegen die kleine Kurvatur die Wunde beiderseits zusammengezogen wird (der Rand der vorderen Wand mit

dem entsprechenden Rande der hinteren Wand). Der Schnitt wird bis zu einer Entfernung von einigen Zentimetern von der kleinen Kurvatur geführt. An der Durchschnittsstelle entfernen sich die vernähten Ränder von einander, indem sie zwischen sich einen Winkel bilden. Wird bei einem Hunde mit einem derartigen Magen eine Fistel im Pylorusteil angelegt[29]), so wird damit die Möglichkeit gegeben, den Übergang der Nahrung aus dem proximalen Magenabschnitt in den distalen zu beobachten; nach Anlegung einer Darmfistel ist dann ferner die Möglichkeit geboten, die allgemeinen Veränderungen zu bestimmen, welche der Sanduhrmagen in der Arbeit des Verdauungstraktus setzt.

Es folgen die bei zwei derartigen Hunden erhaltenen Befunde.

Bei einem Hunde wurde ein Sanduhrmagen hergestellt und nach einigen Wochen im Antrum eine Fistel angelegt. Im Verlaufe der letzteren Operation konnte man sich direkt davon überzeugen, daß das Ziel der Operation erreicht war und der Magen die in diesen Fällen typische, für den Sanduhrmagen beim Menschen charakteristische Form angenommen hatte. Nachdem der Hund sich nach der Operation vollkommen erholt hatte, wurden an ihm Beobachtungen angestellt, die darin bestanden, daß der Hund im Gestell bei geöffneter Fistel eine gewisse Nahrung erhielt und hierbei die Exkretion aus der Fistel vermerkt wurde. Bei einer Eingabe von 100 ccm Milch, wurde diese bereits während ihrer Einnahme excerniert. $1^1/_2$ Minute nach dem letzten Schluck war die ganze eingenommene Milchmenge ausgeschieden. Die Beobachtung wurde noch 60 Minuten fortgesetzt. Es wurden noch 45 ccm sauren Exkrets, in dem 26 mg Zucker enthalten waren, ausgeschieden. Die flüssige Speise stieß somit in der Scheidewand des Magens auf kein Hindernis. Ein Versuch mit Fleischstücken ergab ein anderes Resultat. Von den mit der Nahrung eingegebenen 50 Fleischstücken von je 1,0 g Gewicht trat während der Nahrungsaufnahme kein Stück aus der Fistel aus. Das erste Stück wurde 1 Minute nach dem letzten Schluck ausgeschieden. Im Verlaufe von 2 Minuten waren 16 Stücke ausgetreten, die übrigen Stücke wurden im Laufe der folgenden 118 Minuten ausgeschieden.

In Berücksichtigung der schnellen Ausscheidung der Milch aus der Ileumfistel sowie der raschen Überführung von Fleisch in den Pylorusteil des Magens ist nur der Schluß möglich, daß die im Magen geschaffenen Scheidewände von der angeführten Größe kein Hindernis für den Nahrungstransport in den Darm sind. Dahingerichtete Versuche an einem Hunde[29]) mit einer Fistel im Anfangsteil des Ileums ergaben in der Tat, daß in der ersten Zeit nach der Operation (der Versuch war am 7. Tage angestellt worden) die Evakuation des Magens nicht nur nicht verlangsamt, sondern im Gegenteil beschleunigt ist; nach Verlauf einer kurzen Zeit

(14 Tage nach der Operation) waren wieder die normalen Verhältnisse hergestellt. Um auf die Arbeit des Magens aus der Exkretion aus dem oberen Ileumabschnitt schließen zu können wurde dem Hunde, wie gewöhnlich, in derartigen Fällen entweder Milch, oder ein Gemisch von Fleisch mit Stärke verabreicht. Die erhaltenen Zahlen erweisen, daß angefangen vom Versuch Nr. 2 die Exkretion bei einem Sanduhrmagen vollkommen die Exkretion vor der Operation wiederholt.

A priori konnten andere Resultate erwartet werden, da durch die Operation auf einer recht beträchtlichen Strecke die Kontinuität der Nerven als auch der Muskulatur der Magenwand unterbrochen wird.

Tabelle CVIII.

Nummer des Versuches	Verdauungsstunde	Verhältnis (in %) des zurückgewonnenen in einzelnen Portionen zu der Gesamtausscheidung					
		N		Kohlehydrate		Fette	
		v.	n.	v.	n.	v.	n.
I	1	38	55	60	87	12	25
II	1	32	80	34	43	7	8
III	1	—	40	—		—	
I	2	32	16	33		11	15
II	2	37	33	58		6	47
III	2	—	26	—		—	
I	3–6	30	29	7	4	77	60
II	3–6	31	37	8	10	87	50
III	3–6	—	34	—			
Gesamtausscheidung in g (% der Zufuhr)	I	1,11 (35%)	1,06 (34%)	7,26 (33%)	12,04 (54%)	0,39 (2%)	2,12 (10%)
	II	1,21 (39%)	0,88 (28%)	14,98 (67%)	9,73 (44%)	0,91 (4%)	2,27 (10%)
	III	—	0,86 (27%)	—	13,57 (55%)	—	0,59 (3%)

Bei diesen zwei Hunden war ein Sanduhrmagen mittlerer Größe angelegt worden. Während der nachfolgenden Laparotomien wurde die Kommunikation zwischen den getrennten Magenabschnitten genau ausgemessen. Es erwies sich hierbei, daß im Hungerzustande die Breite der Kommunikation entsprechend der Wand des Magens 3 ccm beträgt. Bei dem folgenden dritten Hunde mit einer Fistel im Anfangsteil des Ileums wurde eine engere Kommunikation nachgelassen — ca. 1 cm entsprechend der Magenwand. A priori könnte erwartet werden, daß eine derartige starke Verengerung des Magenlumens sich sicherlich zunächst in einer Verlangsamung seiner Evakuationsarbeit geltend machen würde. Dem ist jedoch nicht der Fall. Es genügt einen Blick auf die Zahlen zu werfen, die in Mittelwerten die Exkretion aus der Fistel bei Milchkost vor und nach der Operation charakterisieren, um die Überzeugung zu gewinnen, daß von einer Verlangsamung der Magenevakuation nicht die Rede sein kann. In der ersten Stunde war vor der Operation im Mittel

165 ccm Chymus ausgeschieden worden, nach der Operation 185 ccm. Wenn in den folgenden Stunden die Ausscheidungszahlen nach der Operation sich als geringer erwiesen, so hängt dieser Umstand eher von einer intensiveren Wasserresorption im Darm ab. Der Zuckergehalt war jedenfalls im Gesamtchymus nach der Operation derselbe (54 %) wie vor derselben (60 %). Dasselbe gilt auch vom Fett (6 % und 4 %). Die Veränderung in der Kurve der Fettausscheidung kann davon abhängig sein, daß im ersten Moment der Magenevakuation, wie es überhaupt nach einigen Operationen am Magen vorkommt, volle Milch in den Darm gelangt. Stickstoff wurde jedoch nach der Operation intensiver und rascher als vor derselben ausgeschieden (im Ganzen 50 % statt 39 %). Daß der Stickstoff — einfacher das Caseïn — anders ausgeschieden wurde als Zucker und Fett, ist offenbar kein Zufall. Da das Caseïn im Magen gerinnt, so erscheint es für denselben als eine feste Komponente. Die festen Nahrungskomponenten werden jedoch, wie es aus den Versuchen mit Fleisch und Stärke hervorgeht unter den gegebenen Bedingungen aus dem Magen mit verstärkter Energie evakuirt, so daß ins Ileum sehr große Mengen unverdauter und nicht resorbierter Nahrungsreste übergehen. — Dieses geht hervor aus den Bruttozahlen des Chymus. — Statt 113 % des Gesamtchymus (wobei als 100 die Gewichtsmenge der Nahrung angenommen wird), die vor der Operation ausgeschieden worden waren, wurden nach derselben 160 % ausgeschieden, statt 29 % Stickstoff — 56 %, statt 39 % Kohlehydrate 55 %, wobei die Kurve der Ausscheidungen selber sich nicht scharf verändert hat. —

Tabelle CIX.

Verdauungsstunden	Menge in g v.	Menge in g n.	Stickstoff v.	Stickstoff n.	Kohlehydrate v.	Kohlehydrate n.	Fette v.	Fette n.
			des aufgenommenen Chymus in % zu der Gesamtausscheidung					
	400 ccm Milch.							
1	165	185	41	58	76	72	18	54
2	123	62	25	18	43	25	22	26
3—6	113	70	34	25	1	4	65	20
Zusammen in % des Zugeführten	100	77	39	50	60	54	4	6
	200 g Fleisch und 30 g. Stärke.							
1	75	120	28	81	26	45	—	—
2	100	135	86	49	40	30	—	—
3—4	100	65	27	13	32	13	—	—
5—6	30	40	9	7	2	12	—	—
Zusammen in % des Zugeführten	118	160	29	56	82	55		

Es war von großem Interesse zu verfolgen, wie in dem gegebenen Falle der Organismus mit dem Verdauungsdefekt zu Recht kommt. Der Hund wurde in einen Käfig gesetzt und der Stoffwechsel im Verlaufe von 5 Tagen studiert. Das Gewicht des Hundes betrug im Moment seiner Überführung in den Käfig 8350 g. Er erhielt 400 g Brot, 20 g Fett und 600 ccm Wasser d. h. im Verlaufe von 5 Tagen erhielt er 6 g Stickstoff, 180 g Zucker und 100 g Fett. Er schied in dieser Zeit täglich mit Harn und Kot um 0,49 g Stickstoff weniger als zugeführt, 17 g reduzierender Substanzen und 2,3 g Fett aus; das Körpergewicht nahm in 5 Tagen um 250 g zu.

Es erwies sich also hauptsächlich die Resorption von Kohlehydraten als einigermaßen herabgesetzt.

6. Partielle Magenresektionen.

Bei einer unvollständigen Entfernung des Magens sollten eigentlich keine scharfen Veränderungen im Verlaufe der Darmverdauung erwartet werden. Hierbei entsteht natürlich eine Reihe von Fragen, die in Zusammenhange stehen mit der Grösse des entfernten Abschnittes. Zunächst wäre es von hohem Interesse festzustellen, ob eine Grenze vorhanden ist für eine Kompensation des resezierten Abschnittes durch den zurückgebliebenen, denn es kann vorausgesetzt werden, daß eine unbedeutende Resektion für den Magen vollkommen spurlos verlaufen kann. Des weiteren entsteht die Frage, wie eine Kompensation des Defektes erfolgt, wenn der zurückgebliebene Teil des Magens nicht die Kraft hat, von sich aus den entfernten Teil zu kompensieren. Selbstredend sind für die Klarstellung aller dieser Fragen zahlreiche mannigfaltige Versuche erforderlich. Vor allem wurden an einem Hunde Versuche angestellt hinsichtlich einer großen Resektion, die den Fundusteil, angefangen vom oberen, d. h. der Kardia zugewandten Rande des Milzmesenteriums bis zu einer Entfernung von 1 cm von der Plica praepylorica umfaßt[29]).

Vor der Operation war der Verlauf der Fistelexkretion nach Eingabe von 400 ccm Milch festgestellt worden. Die Fistel war im Anfangsteil des Ileums angelegt worden. Gewöhnlich begann die Fistelexkretion 7—8 Minuten nach der Einnahme der Milch. Sechs Tage nach der Operation wurde der Hund in das Gestell eingestellt. Seinem Verhalten nach war der Hund zu dieser Zeit augenscheinlich vollkommen normal: er fraß, wie gewöhnlich, gefrässig, entleerte geballte Fäces, war munter und lebhaft. Er erhielt 400 ccm Milch. Ungefähr die Hälfte trank er aus, dann wandte er die Schnauze von der Schüssel ab. Sofort begann aus der Fistel die Ausscheidung von vollkommen unveränderter Milch, die zwischenein eine gelbe Farbe hatte. Die Ausscheidung er-

folgte in einem fast kontinuirliche Strahle. Nach einer Ausscheidung von ca. 50 ccm wurde dem Hunde abermals die Milch gereicht. Er trank eine geringe Menge und wandte sich wieder von ihr ab. Nach weiterer Ausscheidung von ca. 100 ccm wurde ihm die Milch wieder genähert, die er nunmehr gefrässig, wie gewöhnlich, austrank. Unveränderte Milch wurde mit kurzen Zwischenräumen im Verlaufe von 25 Minuten ausgeschieden und zwar in einer Menge von 305 ccm. Darauf nahm das Exkret das Aussehen des gewöhnlichen Milchchymus an: es stellte eine

Tabelle CX.

Verdauungsstunden	Nummer des Versuches	Menge g		Stickstoff des aufgenommenen Chymus % der Gesamtausscheidung		Kohlehydrate		Fette	
		v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.
400 ccm Milch.									
1	I		310	40	90	51	100	6	95
	II	238	325	50	84	81	87	8	91
	III		395		82		100	8	76
	IV		415		82		100		84
2	I		20	27	6	43	0	25	3
	II	127	60	22	12	18	13	18	8
	III		90		9		0		18
	IV		60		8		0		13
3—6	I		15	83	4	6	0	69	2
	II	158	15	28	4	1	0	79	1
	III		50		9		0		6
	IV		60		10		0		3
Zusammen in % des Zugeführten	I		86	55	74	60	87	25	38
	II	130	100	65	77	74	75	45	89
	III		134		89		85		90
	IV		134		91		94		93
200 g Fleisch, 30 g Stärke und 50 ccm Wasser.									
1	I	120	165	46	50	56	77	—	—
	II		140		26		59	—	—
	III		98		32		50		
2	I	83	70	16	32	11	14	—	—
	II		140		52		30	—	—
	III		40		17		16		
3—4	I	86	80	30	17	80	6	—	—
	II		100		20		10	—	—
	III		120		84		21		
5—6	I	80	10	8	1	3	3	—	—
	II		15		2		1	—	—
	III		75		17		13		
Zusammen in % des Zugeführten	I	94	116	36	64	51	69	—	—
	II		140		54		68	—	—
	III		120		37		72	—	—

klare, hellgelbe Flüssigkeit mit wenigen Flocken dar. Nach einigen Minuten hörte die Ausscheidung auf. Weitere Versuche ergaben (11 46 Tage nach der Operation) dieselben Resultate. Das Resultat der Analyse ist aus der beigelegten Tabelle ersichtlich, in welcher das Mittel aus den Versuchen sowohl vor (*v*) als auch nach (*n*) der Operation dargestellt ist. In derselben Tabelle sind auch Angaben angeführt für feste Nahrung, die aus 200 g zermahlenen Fleisches, 30 g Stärke bestand, welche mit 50 ccm Wasser zu einem gleichmäßigen Brei vermengt waren.

Die Zahlen ergeben erstens, daß sowohl bei flüssiger als auch bei fester Nahrung die Evakuation des Magens bedeutend beschleunigt wird, so daß z. B. aus der Milch fast sämtlicher Zucker (100 %) in einer Stunde ausgeschieden war; besonders auffallend sind die Zahlen für Fett, von welchem 93 %, statt 4 % vor der Operation, ausgeschieden wurden. Bei dem Fleisch-Stärkegemisch tritt dieses Verhalten nicht so scharf hervor, wenngleich der allgemeine Charakter der Evakuation derselbe wie bei der Milch ist. Das unbewaffnete Auge erkannte bereits im Chymus den Gehalt an vollkommen unverdauten Fleischstücken, die vor der Operation nicht vorhanden waren. Die Analyse ergibt, daß auch die in Lösung übergegangenen Nahrungselemente, natürlich infolge einer schnellen Fortbewegung, in einem nur wenig gespaltenen Zustande ins Ileum übergehen. Vor der Operation sonderte die Fistel dieses Hundes die Verdauungsprodukte des Fleisches mit einer Peptid-Zahl maximum 50, und einem Caseinpeptidkoeffizienten von 32 aus. Nach der Operation stiegen diese Zahlen bis auf 69 und 73. Kurz ungeachtet dessen, daß der ganze Pylorusabschnitt des Magens vollkommen intakt geblieben war, war die Magenevakuation beträchtlich verstärkt worden und die Verdauung in ihm verschlechtert. Letzteres ist natürlich nicht auffallend, da eine große Anzahl von saftausscheidenden Drüsen entfernt worden war. Was nun die beschleunigte Evakuation anbetrifft, so muß angenommen werden, daß normaliter der Fundus und der Pylorusabschnitt sich hinsichtlich der mechanischen Kraft das Gleichgewicht halten; wenn jedoch der Magen infolge der Reduktion seines Volums einen großen Druck auf den Inhalt ausübt, so wird das Kräftegleichgewicht gestört zu Ungunsten des Pylorus. Nun handelt es sich jedoch um die Entscheidung der Frage, in wieweit diese neuen, infolge des gesetzten Defektes entstehenden Beziehungen mit der Zeit sich nicht ändern.

In der beigefügten Tabelle sind die Zahlenwerte für sieben Versuche angeführt, von denen 4 mit 400 ccm Milch und 3 mit Fleisch und Stärke angestellt worden waren. Die Versuche beziehen sich auf verschiedene, auf die Operation folgende Perioden, so daß der vierte Milch- und der dritte Fleischversuch 10 Wochen nach der Operation ausgeführt

worden war. Aus dem Vergleich der parallelen Zahlen ist deutlich zu erkennen, daß die Zeit, wenigstens im Bereich der Beobachtungen die Störungen der Magentätigkeit durchaus nicht gemildert hat. Im Verlaufe der ganzen Beobachtungsperiode erwies sich die Magenevakuation gleichermaßen beschleunigt und die Verdauung in gleicher Weise abgeschwächt, sodaß in das Ileum im Vergleich zur Periode vor der Operation stark vermehrte Chymusmengen übergeführt werden, mit einem, wie es sich herausgestellt hat, großen Gehalt an unverdauten Nahrungselementen. Bereits dem Auge waren die Ballen unverdauten Nahrungsfleisches sichtbar, die aus der Fistel herausfielen.

Tabelle CXI.

Verdauungsstunden	Nummer d. Versuches	Menge in g		Stickstoff		Kohlehydrate		Fette	
				des aufgenommenen Chymus in % der Gesamtausscheidung					
		v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.
		400 ccm Milch							
	I	210	410	51	84	61	99	3	70
	II	200	875	56	70	71	99	8	60
1	III		460		75		96		56
	I	140	60	21	8	38	3	13	5
	II	70	80	19	14	29	1	19	6
2	III		80		12		4		20
	I	120	80	28	8	1	0	82	25
	II	75	125	25	6		0	73	35
3—6	III		110		13		0		24
Zusammen in %	I	118	138	62	89	68	89	10	80
des Zugeführten	II	86	145	44	96	56	55	15	82
	III		163		105		99		89
		200 g Fleisch, 30 g Stärke und 50 ccm Wasser							
	I	100	160	26	36	35	52	—	—
1	II	95	105	23	37	19	47	—	—
	III		170		37		30	—	—
	I	120	195	37	46	29	30	—	—
2	II	110	80	31	31	26	23	—	—
	III		165		28		27	—	—
	I	100	110	30	17	29	18	—	—
3—4	II	130	75	33	16	41	14	—	—
	III		125		18		20	—	—
	I	40	10	7	1	7	0	—	—
5—6	II	70	85	13	16	14	16	—	—
	III		120		17		23	—	—
Zusammen in %	I	129	206	43	72	72	74	—	—
des Zugeführten	II	145	150	58	41	75	74	—	—
	III		271		55		68	—	—

In dem gegebenen Falle war eine große Resektion des Magens ausgeführt worden. A priori konnte erwartet werden, daß eine geringe Resektion des Magens keinerlei Veränderungen in der Arbeit des Verdauungskanals hervorrufen würde. Es erwies sich jedoch anders. Bei einem Hunde wurde aus dem Fundus in einiger Entfernung vom Pylorusteil ein keilförmiges Stück von 3—4 cm Breite längs der großen Curvatur ausgeschnitten. Die Spitze des Keils lag ungefähr in der Mitte der Magenwandbreite. Kurz gesagt, es war eine kleine Resektion ausgeführt worden der Art, wie sie gewöhnlich in der Chirurgie des Menschen bei beschränkten Affektionen und bis zu einem gewissen Grade der Art wie sie experimentell bei der Isolierung des sogenannten kleinen Magens zwecks Studiums der physiologischen Sekretion des Magens ausgeführt wird. Es erweist sich jedoch (Tabelle CXI), daß auch diese relativ geringe Resektion des Magens eine anormale Beschleunigung und eine Verschlechterung seiner Tätigkeit bewirkt.

7. Totale Magenexzision.

Es ist noch weit nicht aufgeklärt, auf welche Weise und in welchem Grade die totale Ausschaltung des Magens von dem Verdauungsapparat kompensiert wird. Uns liegt eine Versuchsreihe vor an einem Hunde, bei dem der Ösophagus unmittelbar mit dem Duodenum verbunden war. An diesem Hunde[18]) wurden Exkretionsversuche angestellt durch eine im oberen Ileumabschnitt angebrachte Fistel, bei reiner Fleischfütterung (gehackt 100 g), bei Zusatz von Stärke oder Fett oder von beiden Substanzen, und bei Milchfütterung (150 ccm).

Es erwies sich, daß bei einer jeden der angeführten Nahrungsarten in der Fortbewegung des Darminhaltes drei Perioden unterschieden werden können.

Ungefähr 8—10 Minuten nach der Nahrungsaufnahme beginnt die erste Portion des Darminhaltes in ganz unveränderter Form sich aus der Fistel zu zeigen resp. den oberen Teil des Ileums zu passieren. Z. B. Milch erscheint als solche, ohne jedes Zeichen einer Verkäsung.

Nach $^{1}/_{2}$—1 Stunde erscheinen leicht von der Verdauung angegriffene Speiseteile. Besonders deutlich tritt das an der Milch hervor, wenn die rein milchige Flüssigkeit durch verkäste Massen abgelöst wird. Darauf folgt die Passage fast reiner Verdauungssekrete — Gemisch von Pankreassaft, Galle und Darmsaft. Zuletzt kommt die dritte Periode, die dadurch charakterisiert ist, daß die sich fortbewegenden Massen beinahe das Aussehen des gewöhnlichen Darmchymus haben, der sich von der Norm nur durch Reichtum an unveränderten Speiseteilen unterscheidet.

Die Menge des Fistelexkretes schwankte je nach der Zusammensetzung der Nahrung. Z. B. bei reiner Fleischnahrung (100 g) betrug das Gewicht des Chymus 126 g. Nach Zusatz von 10 g Stärke stieg das Gewicht des Chymus auf 140 g, nach 10 Fett g auf 213 g und nach Zusatz beider Substanzen auf 235 g. Nach Aufnahme von 150 ccm Milch wurde Chymus im Gewichte von 213 g erhalten.

Es folgt aus dieser Zusammenstellung, daß die Darmsäfte bei Fehlen des Magens mit der Art und Menge der Speise in gewissem Zusammenhange stehen.

Demgemäß ist die Verarbeitung und die Resorption der Speise je nach derer Zusammensetzung verschieden. So wurde bei Milchnahrung die größte Menge N-haltiger Substanzen im Duodenum und Jejunum resorbiert, denn statt der mit Milch zugeführten 0,807 g N wurde durch die Fistel 0,546 g (= 68 %) zurückerhalten. Tatsächlich war die Resorptionsquote noch größer, weil ein Teil des Chymus-N aus den Sekreten stammt. Bei reiner Fleischnahrung betrug der N-Gehalt des Chymns 88 % der Zufuhr, bei Fleisch mit Stärke 71 %, bei Fleisch mit Fett 89 %, bei einer Mischung von Fleisch mit Fett und Stärke 87 %.

Bei allen Nahrungsarten wies der Chymus einen Reichtum an koagulierbaren Stickstoffsubstanzen (ca. 70 %) auf. Kohlehydrate wurden besser verdaut und resorbiert. Aus Milch wurden 57 %, aus Stärke 72 % resorbiert. Am besten wird Milch mit Brot verdaut.

Die Frage, durch welchen Mechanismus der Zufluß der Verdauungssäfte nach der totalen Magenresektion reguliert wird, kann selbstredend, nur auf experimentellem Wege entschieden werden. Ein Hund[67]), bei welchem der Magen und das Ileum entfernt worden waren, nahm an Gewicht zu und sparte bei Fleisch- und Milchkost viel Stickstoff. Die Milch enthält stets einige Mengen freier Fettsäuren, die den Ausstoß für eine Abscheidung des Pankreassekretes geben konnten. In Berücksichtigung dieses Umstandes wurde die Diät geändert. 400 g Milch wurden durch 200 g Brot ersetzt, so daß der Hund täglich 700 g weichen Weißbrotes — das Brot hatte eine alkalische Reaktion — und 800 ccm Wasser erhielt. Diese Menge Brot erwies sich jedoch für den Hund ein wenig zu groß: im Verlaufe dreier Tage hatte er nicht 2100 g sondern 1900 g gefressen. Die Resultate erwiesen sich als folgende: der Kot war mehr geformt als bei Milchkost, das Gewicht nahm fast nicht ab, das Stickstoffgleichgewicht war ein vollkommenes. Da im Brote keinerlei Substanzen vorhanden sind, die für chemisch safttreibend angesehen werden pflegen, so muß angenommen werden, daß das Brot rein mechanisch auf das Duodenum oder sogar auch auf das Jejunum einwirkte und die Abscheidung des Sekretes hervorrief. Natürlich könnte hierbei auch an

chemische Agentien gedacht werden. Es ist ja möglich, daß die Kohlehydrate einer Gährung unterlagen, wobei Säuren zur Bildung kamen, die als solche einwirkten. Diese Annahme könnte darin eine Stütze finden, daß der Kot dieses Hundes stets sauer reagierte. Aus den Versuchen [18]) an dem eben erwähnten magenlosen Hunde mit einer Fistel im Anfangsteile des Ileums wurde jedoch die Überzeugung gewonnen, daß der Chymus hier stets alkalisch ist, wenn es sich um die safttreibende Wirkung von Säuren handelte; so müßte als Ausgangspunkt der Einwirkung der Endteil des Darmes gehalten werden, wofür bisher jegliche Grundlage fehlt. Die Annahme von dem mechanischen Charakter der Wirkung des Brotes bleibt also zu Recht bestehen, wenn auch nur vorläufig bis zu einer ausführlicheren Untersuchung am polychmotischen Hund.

8. Ausschaltung verschiedener Darmabschnitte.

Dünndarmresektionen.

Die hierher gehörenden Versuche bestanden darin, daß bei mehreren Hunden an verschiedenen Stellen des Darmes Fistelkanülen angelegt wurden, und wenn nach ca. 3—4 Wochen der betreffende Hund sich von der Operation vollkommen erholt hatte, so wurde er einem genauen Studium unterworfen. Der Hund erhielt im Gestell eine gleichmäßig zubereitete Nahrung aus Fleisch, Stärke und Schweinefett oder Milch, und der aus der Fistel während der Verdauungsperiode gewonnene Chymus wurde analysiert. Einige Zeit nachher wurde dem Hunde dieser oder jener Darmabschnitt reseziert und nachdem der Hund vollkommen wiederhergestellt war, wurde er wieder in derselben Weise wie vor der Resektion beobachtet. Die Beobachtungen der Folgeerscheinungen der Resektion wurden entweder bis zum natürlichen Tode des Tieres oder bis zu dem Zeitpunkt, wo es wünschenswert erschien, noch eine neue Resektion vorzunehmen.

Bei 2 Hunden [32]) (No. 1 und 4, Tab. CXV) wurde eine Ileumresektion unterhalb der Fistelstelle ausgeführt, und zwar wurde bei einem Hunde (No. 4) ca. $^1/_3$ und beim anderen (No. 1) etwa $^1/_2$ des Darmrohrs ausgeschaltet. Bei beiden Hunden begann die Fistel nach der Operation geringere Mengen gerinnbarer *N*-Substanzen (im Mittel 3 % gegenüber 6 %) und Stärke (im Mittel 23 % gegenüber 36 %) auszuscheiden als vor der Operation. Das weist bei einer Ileumresektion auf vikariierend erhöhte Verdauungskanalabschnitte hin. Ebenfalls erwiesen sich bei beiden Hunden die Menge der Fistelausscheidung und die darin gelösten Substanzen geringer als vor der Operation (beim Hunde No. 1 im Mittel 288 g Chymus mit 1,84 g *N* gegenüber 674 g Chymus mit 4,02 g *N*; beim Hunde No. 4 160 g Chymus mit 0,73 g *N* gegenüber 165 g Chymus

mit 0,87 g N). Daraus folgt, daß bei einer Ileumresektion auch die Resorptionstätigkeit der höherliegenden Darmabschnitte vikariierend erhöht wird. Dasselbe läßt sich aus den Versuchen[66]) an einem anderen analogen Hunde (No. 5) mit Ileumresektion (Tabelle CXII) v — vor und n — nach der Operation ersehen.

Beim Hunde No. 1 wurde ein größerer Ileumteil ($^1/_2$) ausgeschnitten, als beim Hunde No. 4 ($^1/_3$) und dementsprechend erwiesen sich die kompensierenden Verdauungs- und Resorptionserscheinungen beim ersteren stärker als beim letzteren. Indem aber beim Hunde No. 4 die Kompensation dauernd anhielt, hörte sie beim Hund No. 1 mit der Zeit auf. Sowohl die Verdauung als auch die Resorption verschlechterten sich immer mehr und mehr; es entstand Diarrhoe und der Hund ging etwa 4 Monate nach der Operation zugrunde.

Tabelle CXII.

Hund No. 5 Verdauungsstunden	Menge in g		Stickstoff (des aufgenommenen Chymus in °/₀ zu der Gesamtausscheidung)		Zucker		Fette	
	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.
1	47	33	44	32	57	44	5	15
2—3	28	41	23	34	42	55	34	29
4—8	25	26	33	34	1	1	61	56
Zusammen in °/₀ des Zugeführten	92	77	40	30	70	68	8	4

Bei den Hunden No. 2 und No. 3 wurde ein Jejunumstück exstirpiert oberhalb der Fistelstelle, welche sich beim Hunde No. 3 an der Grenze zwischen dem Jejunum und Ileum und beim Hunde No. 2 in der Nähe der Ileocoecalklappe befand.

Aus den gewonnenen Zahlen leuchtet es ein, daß eine Jejunumresektion einer Ileumresektion physiologisch nicht gleichwertig ist. Die Verdauung von Eiweißstoffen wird rasch zur Norm gebracht, so daß der Chymus schon in der Mitte des Dünndarmes die normale Menge (2 °/₀ unlöslicher N-Substanzen aufweist. Dagegen beginnt nach einiger Zeit die Kohlehydratverdauung stark zurückzubleiben. Was nun die Resorption anbetrifft, so läßt sich im Dünndarm bis zu der Ileocoecalklappe weder in bezug auf die Eiweißstoffe, noch auf die Kohlehydrate oder Fette irgend welche vikariierende Erscheinung feststellen. Den Dickdarm passieren große Mengen Chymus (bis 771 g) mit verhältnismäßig großen Mengen N-Substanzen (bis 3,51 g), Kohlehydraten (bisweilen mehr als die Hälfte der zugeführten Menge — 27,65 g) und Fetten (bis 4,53 g).

Wie aus dem oben mehrmals Mitgeteilten bereits bekannt ist, gibt Milch sicherer als jegliche andere Nahrung durch ihre Exkretion aus einer oberen Ileumfistel die Evakuationstätigkeit des Magens wieder. Ausgehend von dieser Überlegung, wurden außer den hier angeführten Versuchen noch derartige mit Milch an einem Hunde mit einer oberen Ileumfistel vor und nach der Entfernung des Jejunum angestellt.[66]) In Berücksichtigung ferner der Tatsache, daß in der Praxis im Falle von Durchfällen nach einer Darmresektion verschiedene pharmaceutische Praeparate wie Tannalbin, Opium und dergl. angewandt werden, wurden auch diese Mittel einer Prüfung unterzogen. Im Versuch wurde Tannalbin in einer Dosis von 3,0 g gegeben und zwar 1 g am Abend vor dem Versuche (ca. 15 Stunden vor demselben), 1 g eine Stunde vor der Fütterung und schließlich 1 g zusammen mit der Versuchsmilch. Opium wurde folgendermaßen eingegeben: 10 Tropfen Tincturae Opii simpl. eine halbe Stunde vor der Milcheingabe, und 10 Tropfen nach der Eingabe. Das Resultat dieser Versuche (Tab. CXIII) war folgendes:

Tabelle CXIII.

Verdauungsstunden	Menge ccm		Stickstoff g		Zucker g		Fett g	
	des aufgenommenen Chymus							
	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.
Zufuhr von 600 ccm Milch.								
1	259	469	0,65	1,59	7,67	13,15	0,27	1,11
2—3	75	198	0,21	0,44	2,75	4,70	0,09	0,44
4—8	30	21	0,14	0,11	0	0	0,15	0,10
Zusammen	364	588	1,00	2,14	10,42	17,85	0,51	1,65
Zufuhr von 600 ccm Milch mit Tannalbin Knoll.								
„	„	776	„	2,65		17,70	„	3,93
Zufuhr von 600 ccm Milch mit tinctura opii simpl.								
	„	765	„			15,75	„	1,80

Nach der Entfernung des Jejunum nahm die Exkretmenge, sowie der Gehalt an Stickstoff, Zucker und Fett in ihm in Übereinstimmung mit den obigen Befunden ungefähr um das Doppelte zu. Im Verlaufe mehrerer Monate wurde hierbei keine Neigung zu einer Rückkehr der Exkretion zur Norm beobachtet. Tannalbin und Opium verminderten nicht die verstärkte Exkretion, sondern im Gegenteil vergrößerten dieselbe noch mehr.

Jejunum und Ileum.

Die Frage nach der Gleich- oder Ungleichwertigkeit des Jejunums und des Ileums könnte am besten durch eine Transplantation des einen an die Stelle des anderen entschieden werden. Die zweckmäßigste Versuchs-

anordnung wäre diejenige, bei welcher die Wechseltransplantation an einem Hunde[66]) ausgeführt wurde, der mit zwei Fisteln versehen wäre, eine am Ende des Jejunum, die andere am Ende des Ileum, wobei die Exkretion aus beiden Fisteln beobachtet werden müßte. Aus dem Vergleich der Resultate des Verlaufs und der Eigenschaften des Exkrets vor und nach der Transplantation könnte die Frage vollkommen klargestellt werden. Der Versuch hat jedoch erwiesen, daß ein Erfolg von einer Wechseltransplantation bei einem Hunde mit den zwei angegebenen Fisteln schwer zu erwarten ist. Infolgedessen mußte wenigstens zunächst an die Lösung dieser Aufgabe auf einem anderen Wege geschritten werden — es wurde eine derartige Transplantation an einem gesunden Hunde ausgeführt und darauf an den Enden der transplantierten Darmabschnitte je eine Fistel angelegt und die Exkretion aus ihnen im Vergleich mit der Exkretion bei vollkommen normalen Fistelhunden bestimmt. Der betreffende Hund ging aber nach der Fistelanlegung ziemlich rasch ein. Es müssen also weitere Versuche in dieser Richtung unternommen werden.

Dickdarmresektionen.

Da die Hunde mit reseziertem Jejunum trotz der gestörten Verdauung und Resorption im Dünndarm keine äußerlichen Anomalien (Diarrhöen u. s. w.) aufwiesen, so mußte angenommen werden, daß bei einer Jejunumresektion der Dickdarm zur Kompensationswirkung herangezogen wird. Aus diesem Grunde wurde an einem der Hunde bei Zufuhr von 400 g Fleisch, 100 g Stärke und 20 g Schweinefett der Stoffwechsel untersucht, dann das obere Drittel des Dickdarmes reseziert. Nach einiger Zeit wurden an dem Hunde dieselben Verdauungs- und Stoffwechselversuche ausgeführt, wie vor der Operation. Es erwies sich erstens, daß durch die partielle Dickdarmresektion die Verdauung und die Resorption oberhalb der Ileocoecalklappe gar nicht beeinflußt wurde (siehe Tabelle CXV, Hund No. 2, 18. IV. bis 1. VI.) und zweitens, daß der Hund nach der Dickdarmresektion seinen Stoffverbrauch unter denselben Bedingungen schlechter deckte, als vor der Operation. Das kann in der Weise erklärt werden, daß nach einer Jejunumresektion der Kompensationsprozeß normaliter durch den Dickdarm ausgelöst wird.

Daß das Ileum keinen speziellen Anteil nimmt an der Kompensation des Jejunums ist auch aus folgenden Zusammenstellungen ersichtlich. Wir ziehen die Zahl ein in Betracht, welche den Unterschied des Fistelexkretes im Anfangs- und Endteil des Ileums zeigen bei zwei Hunden,[66]) von denen bei dem einen (*N*) der Darm intakt war, während bei dem anderen (*R*)

Tabelle CXIV.

Differenz zwischen den Bestandteilen des Jejunal- und Ileocoecalchymus in g und % zum Jejunalchymus bei Zufuhr von 600 ccm Milch

Menge								Stickstoff								Zucker								Fett							
N				*R*				*N*				*R*				*N*				*R*				*N*				*R*			
g		%		g		%		g		%		g		%		g		%		g		%		g		%		g		%	
316	=	43		426	=	48		0,96	=	66		1,58	=	63		5,79	=	31		3,65	=	21		1,14	=	78		4,17	=	81	

das Jejunum reseziert war. Die absoluten Zahlen, welche den Anteil des Ileums an der Resorption der Nahrung charakterisieren, sind verschieden und wenn der Zucker, der auch einer Bakterienzersetzung zugänglich ist, hierbei nicht in Rechnung gezogen wird, größer beim Hunde mit dem resezierten Jejunum, bei dem ins Ileum größere Mengen Chymus eintreten. Die Prozentverhältnisse des im Ileum resorbierten zu dem in ihm eingetretenen sind, wie es die Reihe der parallelen Zahlen (43—48, 66—63, 78—81) zeigen, einander sehr nahe, wenn wiederum aus den angeführten Erwägungen der Zucker nicht in Betracht gezogen wird. Es ist natürlich möglich, daß der Zucker hier im Sinne einer Resorption irgendwie anders enthalten ist, möglich ist es jedoch auch, daß nach der Entfernung des Jejunums sich die Flora des Ileums ändert so zu sagen kondensiert wird. Daß die prozentischen Größen der Resorption im Ileum konstant bleiben, ist eine durchaus normale Erscheinung. Wie oben (S. 198) dargelegt worden ist, nimmt jeder Abschnitt des Verdauungskanals einen bestimmten (prozentischen) Anteil an der allgemeinen Arbeit.

Aus dem oben Gesagten (S. 212) folgt, daß der Dickdarm unter normalen Bedingungen bei festen Speisen sich in sehr geringem Maße am Resorptionsprozesse beteiligt. Hier vollzieht sich vornehmlich die Eindickung der Chymusreste, die der Ausstoßung unterliegen und zugleich ist er der Aufbewahrungsort bis zum Eintritt der Defäkation.

Anders verhält sich die Sache unter pathologischen Verhältnissen. Wie schon erwähnt, werden Defekte des Jejunums vom Dickdarm kompensiert. Sobald die Funktion des Dickdarmes eine Beschränkung erleidet, kann das nicht ohne Einfluß auf die Kompensation bleiben. Zur Bestätigung des Gesagten kann folgendes Experiment dienen.

Bei einem der schon erwähnten Hunde mit reseziertem Jejunum wurde nach Ablauf längerer Zeit auch das obere Drittel des Dickdarmes reseziert. Unmittelbar vor der Resektion wurde der Hund 7 Tage bei bestimmter Diät (400 g Fleisch, 50 g Stärke, 20 g Fett, 500 ccm Wasser) im Käfig gehalten. Im Laufe dieser Zeit wurde der Stoffwechsel festgestellt. $2^1/_2$ Monate nach der Resektion des Dickdarmes wurde das Tier wieder auf 8 Tage bei obenangeführter Diät in den Käfig gesetzt und wiederum

Tabelle CXV.

Datum	Dauer des Versuches in Stunden	Gewicht des gewonnenen Chymus g	Stickstoff der koagulierbaren Substanzen in % des gegebenen	Stärke des Chymus in % des gegebenen	Differenz zwischen dem Zugeführten und Zurückgewonnenen (in %) *N*	Kohlehydrate	Fette
Hund No. 1 (Nahrung: 400 g Hackfleisch, 50 g Stärke und 25 g Fett). Kontrollversuche (Fistel an der Mitte des Dünndarmes). (Mittelwerte aus 3 Versuchen)							
6.—16. V. 1910	12	674	6	35	62	59	44
Nach der Darmresektion (1. VI. 1910 reseziert 164 cm Darm unterhalb der Fistel 25 cm oberhalb der Ileocoecalklappe).							
12. VI.	12	287	5	20	84	46	93
24.	12	275	1	26	82	68	87
28.	13	303	2	26	82	65	94
8. IX.	7	590	14	58	48	39	45
28.	5	1125	26	36	15	51	16
6. X. †.							
Hund No. 2 (Nahrung: 400 g Hackfleisch, 50 g Stärke und 20 g Fett). Kontrollversuche (Fistel bei der Ileocoecalklappe). (Mittelwerte aus 8 Versuchen)							
28. V.—14. VI.	12	161	3	9	90	90	99
Nach der Dünndarmresektion (18. VI. reseziert 182 cm Jejunum unterhalb der pars duodenojejunalis).							
26. VI.	12	548	2	7	83	82	88
30.	12	207	2	4	90	90	95
6. VII.	12	238	2	4	90	88	97
9. IX.	11	588	8	40	73	52	86
3. XII.	13	652	2	31	76	50	77
30.	12	672	2	—	78	98	94
15. III. 1911	12	467	1	8	87	78	—
15. III.	11	359	2	23	86	72	—
Nach der Dickdarmresektion (30. III. reseziert 10 cm unterhalb der Ileocoecalklappe).							
18. IV.	12	367	1	23	89	75	—
5. V.	12	577	1	26	82	57	—
1. VI.	12	369	1	16	87	72	—
Hund No. 3. (Nahrung: 200 g Hackfleisch, 25 g Stärke und 10 g Fett). Kontrollversuche (Fistel an der Grenze zwischen Jejunum und Ileum).							
15. II.—2. III.	11	147	2	10	87	68	—
Nach der Darmresektion (7. III. reseziert 150 cm aus dem Jejunum oberhalb der Fistel).							
15. III.	11	497	2	32	65	26	—
23.	12	205	3	8	80	70	—
6. IV.	11½	180	4	—	82	—	—
18.	11½	300	3	32	68	43	—
5. V.	11½	491	2	56	54	30	—
1. VI.	9	429	—	59	59	9	—
Hund No. 4 (Nahrung: 200 g Hackfleisch, 25 g Stärke und 10 g Fett). Kontrollversuche (Fistel zwischen Jejunum und Ileum). (Mittelwerte aus 3 Versuchen.)							
2.—23. III.	11	165	4	21	82	61	—
Nach der Darmresektion (30. III. reseziert 100 cm aus dem Ileum unterhalb der Fistel).							
18. IV.	12	196	1	16	83	66	—
5. V.	11½	141	4	21	86	71	—
1. VI.	11	143	3	14	90	70	

der Stoffwechsel untersucht. Es ergab sich, daß das Körpergewicht des Hundes, das bei der angeführten Diät vor der Resektion des Dickdarmes auf gleicher Höhe blieb, nach der Resektion des Dickdarmes eine Abnahme von 5% (von 16750 auf 16200) aufwies; im Kot wurden jetzt anstatt 4%, 7% des in Nahrung zugeführten Stickstoffs ausgeschieden und vom Fett anstatt 5,4%—9,9%.

Tabelle CXVI.

Vor der Dickdarmresektion pro Tag ausgeschieden in % der Nahrung			
	Faeces		
Harn-N	N	Reduzierende Substanzen	Fette
15,3	5	0,3	6,3
3 Wochen nach der Dickdarmresektion ($6^1/_2$ Monate nach der Ileumresektion)			
15,1	3	0,5	6,8
3 Monate nach der Dickdarmresektion.			
15,7	4	0,3	11

Bei Ileumdefekten beteiligt sich der Dickdarm nicht an der Kompensation. Man konnte daher voraussetzen, daß selbst die totale Resektion des Dickdarmes keine neuen ernstlichen Veränderungen in dem Stoffwechsel eines Hundes mit reseziertem Ileum hervorrufen wird. In der Tat ließ sich diese Voraussetzung im Großen und Ganzen experimentell bestätigen. Der Stoffwechsel eines der Hunde (Körpergewicht = 21700 g) mit reseziertem Ileum wurde bei Zufuhr von 550 g Fleisch, 60 g Stärke und 30 g Fett untersucht. Nach Verlauf von $6^1/_2$ Monaten wurde bei diesem Hunde der Dickdarm vollständig reseziert und 3 Wochen resp. 3 Monate nach der Operation wieder der Stoffwechsel bei derselben Diät festgestellt. Nach weiteren 4 Monaten wurde auch der Rest des Jejunums reseziert und nach mehreren Wochen sollte abermals der Stoffwechsel untersucht werden. Es ergab sich, daß ungeachtet der vorhergehenden Resektion des Ileums die Entfernung des Dickdarmes keine nennenswerte Veränderungen in der Stoffwechselbilanz hervorrief. Die Entfernung des Jejunums hingegen bewirkte, offenbar wegen Fehlens des Dickdarms eine starke Unterbilanz sowohl für den Stickstoff-, als auch für Kohlehydrat- und Fettwechsel. Auf direktem Wege gelang es leider nicht nachzuweisen, da der Hund 5 Wochen nach der Operation unter fortschreitender Körpergewichtsabnahme einging. Auf indirektem Wege bekommt man Aufschluß darüber durch die oben (S. 232) gewonnenen Befunde von der Analyse der Ausscheidung aus der Ileocoecalfistel.

Die angeführten Experimente gestatten demnach folgende allgemeine Schlußfolgerung zu ziehen:

Während unter normalen Verhältnissen der Dickdarm wenigstens beim Hunde (Milch ausgenommen) hauptsächlich zur Formung und zur Auf-

bewahrung der Fäces dient, wächst seine Bedeutung in einigen pathologischen Fällen, indem er kompensatorische Tätigkeit entfalten kann. Wenn in diesen Fällen die Funktion des Dickdarmes ausgeschaltet ist, so kann seine kompensatorische Tätigkeit nicht ersetzt werden.

Der Einfluß einer Darmresektion auf die Ausscheidung der Galle und des Parreassaftes.

Tabelle CXVII.

Nummer des Versuches	Galle spontan ccm	Galle spontan N	Galle saure Einspritzung ccm	Galle saure Einspritzung N	Pankreassaft spontan ccm	Pankreassaft spontan Mett (mm)	Pankreassaft saure Einspritzung ccm	Pankreassaft saure Einspritzung Mett (mm)
			Kontrollversuche.					
1	0	—	13	0,053	15	1	36	4
2	0	—	12	0,053	19	2	32	5
			Nach der Resektion.					
1	0	—	0	—	10	6	10	6
2	0	—	14	—	10	2	30	2
3	0	—	8	0,032	17	2	24	2
4	0	—	15		13	2	25	3
5	0	—	15		13	2	30	2

Normalerweise nimmt an der Auslösung der Galle und des Pankreassekretes außer dem Duodenum noch das Jejunum teil; das Ileum ist in dieser Hinsicht untätig. Die Entfernung des Jejunums müßte somit zu einer Verminderung wenn nicht zu einem vollständigen Aufhören der saftauslösenden Wirkung des Dünndarms führen; eine Entfernung des Ileums müßte ohne Einfluß auf die Saftauslösung bleiben. Das letztere erwies sich tatsächlich im Versuch (Tab. CXVII). Bei einem Hunde mit einer zweikammerigen Fistel zwischen beiden Papillen wurde aufsteigend vom Coecum 150 cm Darm ausgeschnitten. Vor der Operation und zwei Monate nach derselben wurde beim Hunde die Ausscheidung der Galle (der 1. Ausführungsgang war durchschnitten) und des Pankreassaftes studiert, und zwar die Ausscheidung, welche unmittelbar nach Einführung des Ballonapparates (eine Stunde wurde abgewartet) und darauf unter dem Einflusse einer Injektion in distaler Richtung von 50 ccm einer 1 % Lösung von Pepton Witte in $\frac{n}{10}$ Lösung von Salzsäure erfolgte. Auch im letzteren Falle wurde eine Stunde abgewartet, wenngleich sowohl im ersten als auch im zweiten Falle die Sekretion bereits nach 20—30 Minuten aufhörte.

Nach einer Jejunumresektion trat die erwartete Verminderung des Sekretausscheidungseffektes nicht auf. Diese Versuche waren an einem Hunde angestellt worden, bei dem das Jejunum, angefangen 10 ccm unterhalb der Plica duodenojejunalis, reseziert und eine Fistel zwischen den beiden Papillen angelegt war nach dem Muster der soeben beschriebenen Ver-

suche. Das Ausbleiben einer Abschwächung der saftauslösenden Wirkung des auf die angegebene Weise resezierten Darmes kann möglicherweise durch kompensatorische Erscheinungen erklärt werden, deren Natur in dem gegebenen Falle noch eine Klarstellung durch weitere Versuche bedarf.

9. Darmumschaltungen.

Sowohl die klinischen Beobachtuugen als auch die experimentellen Untersuchungen zeigen unzweifelhaft, daß eine Antiperistaltik in gewissen Fällen vorkommt. Unter anderen kann man sich davon bei Versuchen an cholecystoenterostomierten Fistelhunden überzeugen. Entsprechend den Versuchsbedingungen wird die Fistel gewöhnlich 15—20 cm über der Verbindung des Darmes mit der Gallenblase angelegt. Aus der Fistel wird in diesem Falle ein Chymus von ungewöhnlichem Aussehen, d. h. durch Galle nicht gefärbter, ausgeschieden. Es kommt jedoch vor und zwar ohne sichtbare Veranlassung, daß aus der Fistel während des Excernierens plötzlich ein Strahl Galle ausgeschieden wird. Diese Erscheinung stellt gleichsam ein sozusagen inneres Erbrechen vor. Ohne eine antiperistaltische Bewegung wäre diese Erscheinung natürlich unmöglich.

Wie dem auch sei, diese Erscheinung kommt vor und mußte daher in den Kreis der vorliegenden Untersuchungen mit einbezogen werden. Bei einem Hunde[66]) mit einer Fistel im Anfang des Ileums wurde wie gewöhnlich die Exkretion bei einer Einnahme von Milch und von Fleisch und Stärke geprüft und darauf an demselben fast das ganze Jejunum auf einer Strecke von 10 cm unterhalb der Plica duodeno-jejunalis und 10 cm oberhalb der Fistel durchschnitten und umgedreht, so daß das proximale Ende desselben mit dem Abschnitt vor der Fistel und das distale mit dem Abschnitt hinter dem Duodenum anastomosierte. Nachdem sich der Hund erholt hatte, wurde an ihm die Exkretion ebenso wie vor der Operation geprüft.

Die geeignetste Versuchsanordnung wäre hier dieselbe, wie in sämtlichen übrigen von uns studierten pathologischen Fällen: d. h. beim Fistelhunde wird zunächst die Norm bestimmt, darauf die Operation ausgeführt und alsdann die durch dieselben gesetzten Veränderungen studiert. Bei einem Hunde (I) wurde dieses Verfahren auch eingeschlagen. Es war die Exkretion aus dem Anfangsteil des Ileums bei einer Eingabe von 600 ccm Milch bestimmt, darauf das Jejunum in einer Ausdehnung von 1 Meter, in einer Entfernung von 10 cm oberhalb der Fistel umgekehrt und nachdem der Hund sich nach 8 Tagen vollkommen erholt hatte, die Versuche angestellt. Bereits während des Versuches fiel jedoch die

Tabelle CXVIII.

Verdauungs-stunden	Menge		Stickstoff		Zucker		Fette	
	des aufgenommenen Chymus in $^0/_0$ der Gesamtausscheidung							
	v.	n.	v.	n.	v.	n.	v.	n.
	Hund No. I							
1	42	14	38	16	60	19	16	15
2—3	31	18	29	17	40	13	26	23
4—8	27	68	33	67	0	68	58	52
Gesamtausscheidung in $^0/_0$ des Gegebenen	100	108	56	48	55	21	10	8
	Hund No. II und No. III							
	II	III	II	III	II	III	v.	n.
1	58	24	48	26	90	29	11	5
2—3	22	48	26	31	10	71	35	8
4—8	20	28	26	43	—	—	54	87
Gesamtausscheidung in $^0/_0$ des Gegebenen	117	117	59	69	66	75	30	76

Kanüle heraus. Am nächsten Tage war sie vollkommen herausgefallen und der Hund kam um. Da dieser Versuch, dessen Details in der beigelegten Tabelle angeführt sind, sofort zeigte, daß die Fistelexkretion fast normal vor sich ging, so wurde der Versuch an einem zweiten Fistelhunde angestellt, bei welchem jedoch außer nach Milchkost die Fistelexkretion auch noch bei Eingabe fester Nahrung (Fleisch mit Stärke) studiert wurde. Diese Mühe war jedoch eine vergebliche, da der Hund sich nach der Operation schlecht erholte und nach einigen Tagen umkam. Da bei der Obduktion die Todesursache nicht eruirt werden konnte, so mußte die Annahme gemacht werden, daß die Fistel das Resultat der Operation in Frage stellt; infolge dessen wurde beschlossen, die Aufeinanderfolge der Operation zu ändern und zur Kontrolle einen dem Gewicht und seinem Bau nach passenden Hund zu benutzen (No. II, Kontrollhund). Das Jejunum wurde zunächst umgekehrt und einen Monat darauf die Fistel angelegt. Doch auch dieser Hund kam bald nach dem ersten Versuche um, und auch dieser ohne wahrnehmbaren Grund. Aus Versuchen anderer Forscher ist es bekannt, daß derartige Hunde häufig ohne sichtbaren Grund umkommen. Während der Versuche an diesem Hunde (No. III, Versuchshund in der Tabelle CXVIII) war desgleichen zu erkennen, daß der Chymustransport im Darme ungeachtet der Umkehrung des Jejunums normal verlief: aus der Fistel trat der Chymus in Strahlen und tropfenweise aus. Auch das Bruttoresultat der Exkretion erwies sich als mehr oder minder normal. Es fallen nur die Fettzahlen auf: in dieser Hinsicht geben beide Hunde das gleiche Resultat. Bei dem ersten Hunde hatte die Exkretion nicht ihr Ende erreicht: der Hund erbrach und im Erbrochenen erwiesen sich:

Spuren von Zucker, 14 % Eiweiß und 38 % Fett in Bezug auf die mit der Milch eingegebenen Mengen derselben. Das Fett war somit im Magen stark zurückgehalten und seine Exkretion verzögert worden. Beim zweiten Hunde (No. III) wurde in den letzten Stunden eine große Menge Fett ausgeschieden, in der allgemeinen Menge war es in einer für Milch ungewöhnlichen Quantität ausgeschieden worden. Der Verlauf der Exkretion war in beiden Versuchen abweichend von der Norm und zwar war die Exkretion aus der Fistel im Verlaufe der Verdauung nicht vermindert, sondern sie nahm im Gegenteil zu.

Um endgültige Schlüsse ziehen zu können sind natürlich noch zahlreiche neue Beobachtungen erforderlich, aus den vorhandenen Beobachtungen geht jedoch bereits hervor, daß das umgekehrte Jejunum gewissermaßen gleich einem normalen funktionieren kann, die Magenevacuation kann jedoch wenigstens in der ersten Zeit nach der Operation unter dem Einflusse dieser Veränderungen erleiden, die hauptsächlich das Fett betreffen (bei Milchkost). Warum das Fett hier eine Ausnahmestellung einnimmt ist schwer zu sagen; unwillkürlich drängt sich jedoch hier der Vergleich auf mit der Erscheinung des Regurgitirens des Duodenalinhaltes in den Magen nach fettreicher Kost.

Maximale Reduction des Verdauungstraktus.

Der Ausschluß des Magens kann, wie aus dem Mitgeteilten (S. 226) hervorgeht durch den Darm kompensiert werden, wenn auch nicht in vollem Maße. Es entsteht nun die Frage, ob der Darm bisher das Maximum seines kompensatorischen Vermögens entwickelt oder ob er noch genügend Reservekräfte zurückbehält, neue Defekte seines eigenen Bestandes zu decken[67]). In dieser Hinsicht ist folgender Versuch angestellt worden. Vier Monate nach Entfernung des Magens wurde einem Hunde ein großer Teil des Jejunum herausgeschnitten (100 cm). Die Operation war spät abends ausgeführt worden, gegen Morgen des folgenden Tages stellte sich Erbrechen ein, wobei mit flüssigen Massen ein Knäuel von Bandwürmern ausgeworfen wurde. In den ersten zwei Tagen nach der Operation war das Erbrechen recht häufig, nahm jedoch vom dritten Tage ab, obgleich es mit größeren oder geringeren Unterbrechungen bis zum Tode anhielt. Vom dritten Tage nach der Operation an erhielt der Hund reichlich Milch, wobei er im Laufe des Tages in kleinen Portionen 200—300 ccm einnahm. Am 9. Tage nach der Operation erfolgte der Tod. Bei der Autopsie erwies sich die Anastomose gut verheilt, von einer Peritonitis war nichts zu erkennen. Die einzige auffallende anomale Erscheinung war eine Ausdehnung und Schlaffheit der zur Anastomose zuführenden Jejunumschlinge, welche

aller Wahrscheinlichkeit nach auch den Tod herbeigeführt hat; der ganze Darm unterhalb der Anastomose war kontrahiert, verengt und vollkommen leer. Kurz die Anastomose funktionierte entweder garnicht oder ungenügend, infolge einer nichterfolgten Hypertrophie der zuführenden Schlinge. Bis zum Erscheinen weiterer Untersuchungen in dieser Richtung muß somit anerkannt werden, daß die Entfernung des Jejunums bei einem magenlosen Hund rasch den Tod herbeiführen muß.

Ein vollkommen anderes Resultat wurde bei einem anderen magenlosen Hunde von mehr als 10 Kilo Gewicht nach Entfernung des Ileums erhalten. Im Verlaufe der ganzen postoperativen Periode wurden kein Mal weder Erbrechen noch Übelkeitsbewegungen beobachtet. Die ersten zwei Tage nach der Operation nahm der Hund keine Speise an, vom dritten Tage an nahm er gern Milch in geringen Mengen (200—400 ccm pro die), verweigerte jedoch die Aufnahme festerer Nahrung wie Brot, wenn dasselbe auch mit Milch zu einem Brei vermischt war. Ca. acht Tage nach der Operation nahm er auch einen derartigen Brei gern an. So lange der Hund sich nur von Milch ernährte, waren seine Faeces geballt und gut geformt, beim Übergange zu Brot mit Milch wurden die Faeces dünnflüssiger, wobei folgende Erscheinung beobachtet wurde: der Hund entleerte mehrere Male am Tage Faeces; die erste Portion derselben nach der Nahrungsaufnahme war dünnflüssiger, während die übrigen das Aussehen vollkommen normaler Faeces hatten.

Vor der Resektion des Ileums wurde bei diesem Hunde die Ausnutzung von Stickstoff und der Kohlehydrate bei einer Eingabe im Verlaufe von drei Tagen von 400 ccm Milch, ebensoviel Wasser und 400 g

Tabelle CXIX.

Zahl der Fütterungstage	Futter pro Tag	Bilanz: Stickstoff a	Bilanz: Stickstoff b	Bilanz: Reduzierende Substanzen (resorbiert) a	Bilanz: Reduzierende Substanzen (resorbiert) b	Körpergewicht Zu- (+) resp. Abnahme (—) a	Körpergewicht Zu- (+) resp. Abnahme (—) b
3	400 ccm Milch (2 g N) 400 g Brot (180 g reduz. Subst.) (6 g N) 400 ccm Wasser	+ 1,92	+ 1,31	176	168	+ 50	+ 900
15	400 ccm Milch 500 g Brot 400 ccm Wasser	+ 3,04	+ 1,96	219	209	+ 1100	+ 900
8	590 g Brot 800 ccm Wasser	—	— 0,47	—	229	—	0

Brot und darauf im Verlaufe von 15 Tagen von derselben Quantität Milch und Wasser, jedoch 500 g Brot geprüft. Sobald der Hund nach der Ileumresektion sich vollkommen erholt hatte, munter und lebhaft war, wurde der Stoffwechsel bei derselben Nahrung geprüft. Aus der Zusammenstellung der Zahlen vor (*a*) und nach (*b*) der Resektion des Ileums ist es ersichtlich, daß die Entfernung dieses Darmteils keinerlei Veränderung in der Ausnutzung der stickstoffhaltigen Substanzen und der Kohlehydrate bei der angeführten Diät verursacht. Ebensogut ging die Stickstoffsparung, die Resorption der Kohlehydrate sowie der Zuwachs des Körpergewichts vor sich. Es folgt hieraus, daß auch ohne Magen der Darm allein den Ileumdefekt kompensiert.

In Berücksichtigung dessen, daß, wie es aus den vorhergehenden Versuchen hervorgeht, der Dickdarm nur bei der Resektion des Jejunums eine kompensatorische Rolle spielt, und daß bei diesem Hunde das Jejunum erhalten geblieben war, konnte a priori erwartet werden, daß die Entfernung des Dickdarms bei ihm keine merkbaren Störungen der Verdauung hervorrufen würde. Zwei Monate nach der Entfernung des Ileums wurde bei demselben Hunde das ganze Colon entfernt, wobei durch eine direkte Anastomose das Rektum mit dem Anfangsteil des Colon dicht hinter dem Blinddarm vereinigt wurde. Der Hund vertrug diese Operation ebenso leicht wie die zwei vorhergehenden. Vom dritten Tage an nahm er Milch zu sich, vom fünften Tage wurde der Milch Brot zugefügt, vom 7. Tage begann die Bestimmung des Stickstoffwechsels bei Fleisch-Milchkost. Wie es auch sonderbar erscheint: die erste auffallende Erscheinung war, daß die Fäces des Hundes statt dünnflüssiger, kompakter wurden, so daß die Möglichkeit gegeben war den Kot und den Harn getrennt zu analysieren. —

Tabelle CXX.

Zahl der Versuchstage	Futter pro 3 Tage	*N*- Zufuhr	Ausfuhr Harn g	Ausfuhr Kot g	Bilanz g	Kohlehydrate nicht resorbiert g	Körpergewicht Zu- (+) resp. Abnahme (—) g
3	1000 ccm Milch 600 g Brot 1000 ccm Wasser	15,0	15,86	2,18	— 2,99	1,5	— 50
3	1500 ccm Milch 900 g Brot 1500 ccm Wasser	22,5	16,69	4,05	+ 1,76	8,9	+ 650

In den weiteren Tagen zeigte der Hund Capricen gegenüber der Nahrungsaufnahme, indem er dieselbe bald gänzlich verweigerte, bald teilweise zu sich nahm, bald auch gerne auffraß. 7—8 Tage nachher

stellte sich fast ein gleiches Verhalten zu der Nahrung, indem der Hund seine tägliche Ration (500 ccm Milch, 500 g Brot und 500 ccm Wasser) gerne zu sich nahm. Der Stuhlgang kehrte zurück, indem der Kot bald mehr oder weniger dünn, bald aber geformt war. In diesem Zustande befindet sich das Tier bis jetzt, d. h. 5 Monate nach der letzten Operation resp. 9 Monate nach der ersten.

Anatomisch äußert sich die Kompensation des entfernten Darmabschnittes beim Dünn- und Dickdarm verschieden: im ersteren beobachtet man Erweiterung des Lumens (des Jejunums bei Ileumresektionen) und und Verdickung der Wände, bei gleichzeitiger scheinlicher Verkürzung der Länge; das Mesenterium wird durch radial verlaufende bindegewebige Stränge durchsetzt. Dank diesen Strängen erscheint der nachgebliebene Teil stärker geschlängelt, was neben der Erweiterung des Lumens und Verdickung der Wände dazu beiträgt, daß der Speisebrei hier länger zurückgehalten wird. Man kann annehmen, daß die anatomischen kompensatorischen Veränderungen dank der mechanischen Überfüllung des nachgebliebenen Darmteiles durch seinen Inhalt hervorgerufen werden. Der normale Dickdarm des Hundes im leeren Zustande, ohne Faeces, erscheint dicker als der Dünndarm. Die kompensatorische Veränderung des Dickdarms äußert sich in der Verdünnung der Wände und Erweiterung des Lumens.

11. Fehlen des Pankreassaftes.

Entsprechende Versuche haben gezeigt, daß die Obliterierung der Pankreaticoduodenalgefäße eine kaum merkliche Störung der normalen Vorgänge im Verdauungstraktus verursacht. Der Ausschluß beider ducti pankreatici beeinflußt ebenfalls vorübergehend in geringem Maße die Verdauung. Die unbedeutenden Störungen werden endlich ganz gut kompensiert.

Wird der Zutritt des Pankreassaftes in dem Verdauungstraktus wie oben geschildert, völlig abgeschlossen, so werden die Nahrungsstoffe, entsprechend den mehr oder weniger normalen Verhältnissen des Magen- und Darmsaftes verarbeitet und resorbiert. Kompensationsvorgänge lassen sich gewissermaßen seitens des Darmsaftes wahrnehmen, was hier kaum durch eine innere Sekretion[77]) zu Stande kommt.

Unter den hier in Betracht kommenden Versuchshunden[31]) (Tabelle CXXI) bietet vor allem gewisses Interesse der Hund No. 2. Obschon bei ihm die Pankreasresektion in derselben Weise ausgeführt worden war, wie bei den übrigen Hunden (vergl. S. 21) gelang es dennoch nicht den Pankreassaft aus dem Darm auszuschalten (Mett'sche Probe positiv). Wie die Fütterungsversuche zeigen, verlief bei diesem Hund die Ver-

dauung, trotz Fehlen von mehr als $^{2}/_{3}$ der Drüse, ganz normal. So wies der Chymus, welcher vom Anfangsteil des Ileums bei Verabfolgung von 200 g Fleisch gewonnen wurde, einen Gehalt von 40 % des zugeführten Stickstoffs auf; bei Verabfolgung von 300 ccm Milch gelangten zur Resorption 88 % des Fettes, wie es bei dieser Fistel auch unter normalen Verhältnissen gewöhnlich der Fall ist. Fistelchymus und Kot wiesen ebenfalls den normalen Fermentgehalt auf.

Es leuchtet also ein, daß ein verhältnismäßig geringer Teil (ca. $^{1}/_{3}$) der Bauchspeicheldrüse durch seine kompensierende Tätigkeit im Stande ist den vorhandenen Defekt völlig auszugleichen.

Es wurde dem Hunde eine zweite Laporatomie gemacht, wobei es sich herausstellte, daß von der pars lienalis ein Ausführungsgang in den Anfangsteil des Duodenum mündete. Der letztere wurde zwischen 2 Ligaturen durchschnitten und der mit der Pylorusgegend verwachsene Abschnitt der Drüse reseziert. Die mikroskopische Untersuchung des resezierten Stückes zeigte, daß die Drüsenzellen hypertrophisch vergrößert und die zymogenen Körnchen vermehrt waren.

Die gesamten Versuche an den pankreassaftlosen Hunden (Tabelle CXXI) berechtigen zu folgendenden Schlußfolgerungen:

1. Unter normalen Verhältnissen gelangen in das Ileum von den Eiweißstoffen der gewöhnlichen Nahrungsmittel, wie Fleisch oder Milch nur verhältnismäßig geringe Reste in unverdautem Zustande. Denn derjenige Teil des Nahrungseiweißes, welcher vom Magensaft ungenügend verdaut worden ist, wird vom Pankreassaft im Jejunum nachverdaut. Beim Fehlen des Pankreassaftes im Darm bleibt aber diese normale Kompensation völlig aus: etwaige Proteolyse seitens der Darmbakterien kommt hier kaum in Betracht. Infolgedessen weist der unverdaute Teil des Nahrungseiweißes, der den pankreassaftlosen Darm passiert, große Schwankungen auf: von 28 % bis 52 % bei Fleischverfütterung und von 25 % bis 75 % bei Milchfütterung.

In allen untersuchten Fällen wiesen die Eiweißabbauprodukte des Chymus beim pankreassaftlosen Hunde einen geringeren Spaltungsgrad auf, als in der Norm. So war die Peptidzahl beim Hund mit Fistel am Anfangsteil des Ileums gleich bei Fleischfütterung 50—62, statt 39—46 im Kontrollversuch und bei Milchfütterung 60—75, statt 40—46 und beim Ileocoecalfistelhund 48 (Fleischfütterung) und 33 (Milchfütterung), statt 21 und 24 im Kontrollversuch. Man ist aber noch bei Weitem nicht berechtigt aus diesen Daten den Schluß zu ziehen, daß der pankreassaftlose Hund die Eiweißstoffe in weniger tief abgebautem Zustande resorbiert, als der normale Hund. Beim pankreassaftlosen Hund hat der Darmchymus dicke Konsistenz, weshalb die weniger löslichen leichter

Tabelle CXXI.

Zugeführte Nahrung	Menge des gewonnenen Chymus g	Stickstoff der koagulierbaren Substanzen in % des zugeführten	Peptidzahl der Eiweißabbauprodukte	Differenz zwischen den aufgenommenen und zugeführten Substanzen in % N	Zucker	Fett
Hund No. 1 (Fistel 125 cm vor dem Coecum).						
a. Vor der Operation.						
200 g Fleisch, 30 g Stärke, 10 g Fett, 100 ccm Wasser	193	11	39	82	80	95
b. Nach der Operation.						
„	227	28	—	47	0	17
200 g Fleisch	186	30	56	57	—	—
200 g Fleisch, 50 g Amylodextrin	173	—	58	—	59	—
300 ccm Milch	223	75	60	—	33	7
Hund No. 2 (Fistel 125 cm vor dem Coecum).						
a. Nach der ersten Operation.						
200 g Fleisch	150	11	40	60	—	—
„ „ „	178	13	40	60	—	—
300 ccm Milch	275	30	46	54	35	88
„ „ „	337	25	40	36	48	70
b. Nach der zweiten Operation.						
200 g Fleisch	187	52	62	18	—	—
200 g Fleisch mit 2 g zymogenen Pankreassaft	68	9	50	75	—	—
300 ccm Milch	305	38	75	6	40	13
300 ccm Milch mit 2 g zymogenen Pankreassaft	300	22	51	34	61	38
Hund No. 3 (Fistel 5 cm vor dem Coecum).						
a. Vor der Operation.						
200 g Fleisch	80	18	21	95	—	—
300 ccm Milch	110	2	24	75	80	38
b. Nach der Operation.						
200 g Fleisch	96	36	48	58	—	—
200 g Fleisch mit 40 g Amylodextrin	215	50	—	40	79	—
40 g Amylodextrin mit 30 g Stärke u. 10 g Fett	287	25	40	60	10	1
300 ccm Milch	180	50	33	37	58	27

adsorbierbaren höheren Abbaukomplexe vom Chymus zurückgehalten werden. Allerdings sieht man aus der Tabelle, daß die Abbauprodukte

des Ileocoecalfistelchymus denselben Spaltungsgrad aufweisen, wie die des normalen Chymus aus einer Fistel im oberen Ileum.

2. Unter den Kohlehydraten gelangt die Stärke in das Ileum eines pankreassaftlosen Hundes in ganz unverändertem Zustande. Beim Ileocoecalfistelhund wurde die verabfolgte Stärkemenge nicht quantitativ zurückgewonnen; es fehlte nämlich $^{1}/_{10}$ der zugeführten Menge; es ist aber nicht ausgeschlossen, daß der fehlende Teil vom Darm mechanisch zurückgehalten wurde, wenn man von einer Bakterienwirkung absehen will. Demgegenüber verhält sich der pankreassaftlose Darm gegen löslicher Stärke und Milchzucker ebenso wie der normale Darm. So resorbierte der Hund No. 1 bis zum Ileum $^{3}/_{5}$ der gegebenen Menge Amylodextrin sowohl nach der Pankreassaftausschaltung, als auch vor derselben. Ebenfalls resorbierte der Hund No. 2 ca. 40% vom verabfolgten Milchzucker nach der zweiten Operation, wie auch vor derselben.

3. Emulgiertes Fett, wie z. B. Milchfett wird vom pankreassaftlosen Darm aufgenommen, aber in viel geringerer Menge als vom normalen Darm. Der Hund No. 2 saugte bis zum Ileum 13% und der Hund No. 3 bis zu der Ileocoecalfistel 27% des einverleibten Milchfettes auf. Außer der chemischen Analyse wurde auch eine mikroskopische Untersuchung am Hunde No. 1 ausgeführt. Der Hund bekam nämlich 500 ccm Milch und wurde nach Verlauf von 3 Stunden durch intravenöse Morphiuminjektion narkotisiert, die Bauchhöhle geöffnet, aus der Darmmucosa an verschiedenen Stellen Stückchen ausgeschnitten, in Formalin fixiert, in Schnitte zerlegt und mit Sudan III gefärbt. Mikroskopisches Bild: Die Epithelzellen der Darmzotten diffus mit feinsten rot gefärbten Fetttröpfchen gefüllt. Dieselben Tröpfchen befinden sich im Untergewebe und in den zentralen chylösen Gefäßen.

Die Spaltung des emulgierten Fettes kommt beim pankreassaftlosen Hund zu Stande unter dem Einfluß sowohl des Magensaftes als auch des Darmsaftes. Offenbar aber geht der Resorptionsprozeß bei Fehlen des Pankreassaftes schneller vor sich, als der Spaltungsprozeß, wodurch man die Tatsache erklären kann, daß der Eigelbchymus des Darminhaltes weniger gespalten erscheint, als der des Mageninhaltes.

Was nun das nicht emulgierte Fett anbetrifft, so geben die Versuche keinen Beweis dafür, daß der pankreassaftlose Hund dasselbe im Dünndarm resorbieren vermag. Bei Fütterung des Ileocoecalfistelhundes mit 10 g reinen Schweinefett wurde aus der Fistel 9,9 g zurückgewonnen.

4. Zymogener Hundepankreassaft mit Fleisch oder Milch verabfolgt, vermag die Verdauung und die Resorption der Stickstoffsubstanzen und der Kohlehydrate bis zum normalen Umfang zu steigern; die Fettresorption wird ebenfalls verbessert, obwohl, wie es scheint, in geringerem Maße.

12. Störungen in der Gallenausscheidung[68]).

Weitere methodische Angaben über die Ableitung der Galle in die verschiedenen Abschnitte des Magen-Darmkanals (vergl. S. 22).

Die Ableitung der Galle in die verschiedenen Abschnitte des Magen-Darmkanals läßt sich immer durch die Transplantation der Papille erzielen, deren Ausführung oben beschrieben ist (S. 12). Diese Operationsmethode ist aber schwierig und erfordert eine bedeutende operative Dexterität. Daher sollte sie nur dann angewaudt werden, wenn eine andere, einfacherere, nicht zum Ziele führt. Nach bisherigen Erfahrungen muß man die Transplantation der Papille nur zur Ableitung der Galle in den Dickdarm indiciert halten. Dabei wird der entstandene Defekt im Duodenum mit dem betreffenden Abschnitte des Dickdarms mittels einer fortlaufenden Naht gedeckt.

Am besten gelingt die Cholecystogastrostomie. In unserer Praxis haben wir nach dieser Operation keinen Hund verloren. Ihre Ausführung geschieht in folgender Weise. Zuerst wird die Gallenblase durch 2, etwa $1\frac{1}{2}$ cm weit von einander entfernten sero-serösen Knopfnähten an den Magen fixiert. Darauf wird zwischen diesen beiden Nähten eine fortlaufende Naht gelegt. Dann wird ein spitzes, scharfes Scalpell, streng symmetrisch, in einer Entfernung von etwa $\frac{1}{2}$ cm jederseits der Nahtlinie in die Blase und den Darm eingestoßen, wobei das Absaugen der Galle mittelst einer sterilen mit einem Ballon versehenen Rigotte sehr anzuraten ist. Nun werden die Ränder der so entstandenen kleinen Öffnungen mit einer dicht gelegten, alle Schichten durchgreifenden, fortlaufenden Naht vereinigt. Als letzter Akt wird über diese Naht noch eine sero-seröse Nahtreihe fortlaufend gelegt und zwar von einer fixierenden Naht bis zur anderen und mit dieser verknüpft. Hier sei bemerkt, daß es bei der Gallenblase genügt nur die Serosa zu fassen, während beim Darm immer auch die Muskularis mitgefaßt werden muß, anderenfalls die Nähte durchschneiden.

Die Cholecystenterostomie wird in gleicher Weise ausgeführt, nur mit dem Unterschiede, daß wir vorher den abführenden und zuführenden Schenkel der zu anastomosierenden Darmschlinge etwa 10 cm unterhalb der Gallenanastomose miteinander seitlich vereinigen. Ohne diese Entero-Anastomose entsteht — leicht durch Eindringen von Chymus in die Blase eine Cholecystitis mit tödlichem Ausgang. Bei der Cholecystocolostomie ist auch diese Vorsichtsmaßregel nicht genügend, und es scheint, daß eine direkte Vereinigung der Gallenblase mit dem Dickdarm beim Hunde nicht zu erzielen ist. Man muß hier, wie erwähnt, unbedingt die Transplantation der Papille ausführen.

Das typischste in der Chirurgie zur Abführung der Galle angewandte Verfahren besteht wie bekannt in der Herstellung einer Anastomose der Gallenblase mit der ersten Jejunumschlinge. Einerseits jedoch geben gegenwärtig einige Chirurgen der Cholezystogastroanastomose den Vorzug vor einer Cholezystoenteroanastomose. Anderseits gestalten sich die Verhältnisse in gewissen Fällen bei der Operation derart, daß der Chirurg es für mehr zweckentsprechend hält die Gallenblase unmittelbar mit dem Dickdarm zu vereinigen. Wie dem auch sei, am häufigsten pflegt der Chirurg dennoch im Interesse einer möglichen Annäherung der neuen Verhältnisse an die normalen die Galle ins Jejunum abzuleiten. Ein Tier mit einer derartigen Anastomose kann natürlich für das experimentelle Studium einiger mit der Operation in Zusammenhang-stehenden Fragen benutzt werden. Für das Studium derjenigen Veränderungen im Verlauf der Verdauungsprozesse, welche durch die Schaffung eines neuen Abfuhrweges der Galle in den Darm gesetzt werden, ist es jedoch zweckentsprechender eine Anastomose in demjenigen Darmabschnitt anzulegen, in welchem es möglich ist, die Fistel während der ganzen Dauer der Verdauung offen zu lassen ohne Gefahr dadurch in dem Verlauf derselben irgendwelche ernste Störung infolge der Abführung des Chymus hervorzurufen. Mit anderen Worten, die Fistel muß im Anfangsteil des Ileums und die Anastomose (ca. 10 cm) tiefer angelegt werden.

Bei der Verbindung der Gallenblase mit dem Magen ist es von Interesse zu erfahren, ob unter dem Einfluß eines kontinuirlichen Zuflusses der Galle zum Magen sich die Prozesse dieses ändern und welchen Einfluß dieselbe auf die Darmverdauung hat. Das Auge erkennt folgendes: Im Magen ist stets, sei es, daß er leer ist, oder secerniert oder verdaut, Galle von der gewöhnlichen Farbe vorhanden; der Darmchymus ist jedoch stets grünlich verfärbt, statt die normale gelbliche Färbung aufzuweisen; besonders deutlich tritt diese Verfärbung nach Milchnahrung, Eidotter wie überhaupt fetter Nahrung auf. Das übrige zeigen die Versuchsresultate, die an demselben Hunde mit einer Magenfistel und einer solchen im Anfangsteil des Jejunums vor und nach der Bildung einer Anastomose erhoben worden sind.

Die Störungen in der Gallenabsonderung beim Menschen sind im Allgemeinen zweifacher Art: entweder sind sie quantitativer Natur oder sie sind topographischen Ursprungs. Mit anderen Worten handelt es sich im ersten Falle darum, daß die Galle in vermehrter oder, wie bei weitem häufiger in verminderter Menge in den Darm gelangt, und im zweiten darum, daß die Galle in einen anderen Abschnitt des Verdauungstraktus gelangt. Letzteres ist meistens die Folge von chirurgischen Eingriffen, bei denen

die Galle in den Magen, in einen mehr oder weniger weit abliegenden Teil des Dünndarmes oder endlich in den Dickdarm abgeleitet wird.

In erster Linie interessierte hier die Frage, was die Entfernung der Gallenblase, eine in der praktischen Chirurgie häufig geübte Operation, für Folgen haben würde. Zur Klärung dieser Frage wurde einem Hunde[58]) eine Fistel im Anfangsteile des Ileum angelegt. Demselben Hunde waren schon früher beide ducti pankreatici ligiert worden, jedoch verliefen bereits zur Zeit der vorliegenden Untersuchungen die Verdauungsvorgänge ganz normal. Das Fistelexkret wurde einer genauen quantitativen Analyse unterzogen, wobei dem Hunde während der einzelnen Versuche Fleisch, Kohlehydrate und Fett in verschiedenen Kombinationen zugeführt wurden. Dann wurde der Hund cholezystektomiert und nach mehreren Wochen wurden die Untersuchungen des Fistelexkrets in analoger Weise wieder aufgenommen. Es erwies sich, daß der Defekt der Gallenblase im Fistelexkret sich in nichts Wesentlichem zu erkennen gab.

Da der Hund (a) in jeder Beziehung zum weiteren Experimentieren geeignet war, wurde beschlossen ihn leben zu lassen, und die nötigen histologischen Ergänzungen am Kaninchen zu studieren. Diese wurden cholezystektomiert und nach 1 bis 3 Monaten getötet. Die bei der Sektion gewonnenen Leberstückchen wurden in üblicher Weise zu mikroskopischen Präparaten verarbeitet, bei deren Untersuchung konnte jedesmal eine deutliche Erweiterung der großen Gallengänge konstatiert werden, die als kompensatorischer Ersatz der fehlenden Gallenblase angesprochen zu werden verdient.

Einem zweiten Hund (b), der Gattung und Größe nach diesen vollständlich ähnlich, wurde ebenfalls eine Fistel im Anfangsteile des Ileums (ca. 125 cm oberhalb der Ileocoecalklappe) angelegt, der Dünndarm etwa 10 cm distalwärts mit der Gallenblase anastomisiert und der ductus choledochus zwischen 2 Ligaturen durchschnitten. Mithin erfolgte bei diesem Hunde die Verdauung oberhalb der Fistel ohne Galle. Daß auch tatsächlich keine Galle durch antiperistaltische Bewegungen in die oberhalb der Cholecystenteroanastomose gelegenen Abschnitte gelangte, konnte auf Grund dessen behauptet werden, daß im Fistelexkret keine Galle nachgewiesen werden konnte.

Bei beiden Hunden wurde das Fistelexkret quantitativ untersucht, wobei die Versuchstiere abwechselnd mit Fleisch, Fleisch und Kohlehydraten, reinem Fett, Fett mit Gliadin und Milch gefüttert wurden. Die bei diesen Versuchen gewonnenen Zahlen sind in Tabelle CXXII zu finden.

Beim cholecystenteroanastomierten Hunde erfolgte die Verdauung in Gegenwart von Galle nur im Ileum. Um ein Urteil zu gewinnen, in welchem Maße das Ileum das Fehlen von Galle in den höher gelegenen

Darmabschnitten zu kompensieren im Stande ist, wurde beiden Hunden noch je eine Fistel am Endteile des Ileums etwa 5 cm über der Ileocoecalklappe angelegt. Darauf wurden wieder analoge Versuche angestellt, wobei das Exkret der neuen Fistel untersucht wurde.

Endlich wurden beide Hunde zur Bestimmung des allgemeinen Stoffwechsels in Käfige gesperrt. Es wurden 2 Serien von Versuchen gemacht. In der einen erhielten die Hunde Fleisch und Schweinefett, in der anderen zuerst Brot und Milch und dann Brot und Fleisch.

Die in Mittelwerten bei diesen Versuchen gewonnenen Zahlen sind in Tabelle CXXIII registriert. Im Harn würde der Stickstoff und in dem Kot Stickstoff und Fett bestimmt.

Überblickt man die Zahlen von Tabelle CXXII und CXXIII, so zeigen sie mit Deutlichkeit folgendes:

1. Besteht die Speise ausschließlich aus Eiweißsubstanzen und Kohlehydraten, so gehen die Verdauungs- und Resorptionsprozesse bezüglich dieser in dem Teile des Magendarmkanals, der keinen Zufluß von Galle erhält im allgemeinen ebenso vor sich wie bei freiem Gallenzufluß.

2. Die Fettspaltung, gleichgültig ob es sich um emulgiertes oder unemulgiertes Fett handelt, geht im gallelosen Darmabschnitt langsamer als normal vor sich. Zwar zeigen die Zahlen der vorliegenden Tabellen im Fistelexkret der Hunde einen mehr oder weniger gleichen Grad von Spaltung, jedoch darf nicht außer Acht gelassen werden, daß ein bedeutender Teil des verabfolgten Fettes, das resorbiert und folglich gespalten wurde, beim Kontrollhunde nicht ins Fistelexkret gelangte — mithin zeugen die gleichen Zahlen bei unseren Hunden von einer Beschränkung im Prozeß der Fettspaltung beim cholezystenteroanastomierten Hunde. Bezüglich der Fettresorption erweist es sich dagegen in geringem Maße (bis ca. 17 % bei Milchnahrung. Schweinefett wird noch schlechter resorbiert).

3. Die sich im Ileum auf den Chymus ergießende Galle beeinflußt die Fettresorption bedeutend, wenngleich sie sie in vollem Maße zu kompensieren nicht im Stande ist, wie, beispielsweise, aus den Versuchen ersichtlich, wo beim Kontrollhunde 12 %, beim Cholezystenteroanastomierten dagegen 31 % des zugeführten Fettes im Fistelexkret nachgewiesen werden konnte.

4. Werden neben Eiweißsubstanzen und Kohlehydraten Fette gleichgültig ob emulgiert oder unemulgiert — zugeführt, so vermindern diese die Verdauung und Resorption jener.

5. Aus den Stoffwechselversuchen geht klar hervor, daß der Dickdarm die durch die Ausschaltung der Galle aus den oberen Teilen des Dünndarmes geschaffenen Verdauungsdefekte fast gar nicht zu kompen-

sieren im Stande ist, mit anderen Worten wird emulgiertes Fett in stärkerem Maße resorbiert als unemulgiertes und die Eiweißsubstanzen werden vom Organismus weniger gut ausgenutzt, wenn sie gleichzeitig mit Fett eingeführt werden, wodurch das Körpergleichgewicht gestört wird.

Tabelle CXXII.

Nahrung a-Kontrollhund b-Versuchshund		Stickstoff: Gesamt- des Chymus in % des verabfolgten	Stickstoff: Koagulierbare Substanz des Chymus in % des Gesamt-N desselben	Kohlehydrate: Gesamt- des Chymus in % der verabfolgten	Kohlehydrate: Unverdaute in % der verabfolgten	Fette: Gesamt- des Chymus in % der verabfolgten	Fette: Ungespaltene in % des gesamten Chymusfettes
Obere Ileumfistel.							
25 g Stärke 200 g Fleisch	a	36	3	71	83	—	—
	b	19	1	42	79	—	—
25 g Stärke 200 g Fleisch 100 ccm Wasser	a	49	1	36	52	—	—
	b	48	3	25	51	—	—
50 g Gliadin 10 g Amylodextrin	a	30	44	7	—	—	—
	b	44	36	8	—	—	—
10 g Schweinefett	a	—	—	—	—	74	44
	b	—	—	—	—	100	43
Eigelb	a	—	—	—	—	—	62
	b	—	—	—	—	—	58
300 ccm Milch	a	28	7	40	—	8	—
	b	59	14	55	—	83	59
Ileocoecalfistel.							
200 g Fleisch	a	7	54	—	—	—	—
	b	11	49	—	—	—	—
200 g Fleisch 50 g Stärke 100 ccm Wasser	a	9	—	1	—	—	—
	b	13	—	3	—	—	—
200 g Fleisch 30 g Erythrodextrin 100 g Wasser	a	13	—	18	—	—	—
	b	13	—	15	—	—	—
200 g Fleisch 30 g Stärke 10 g Fett 100 ccm Wasser	a	15	18	4	2	12	—
	b	28	19	3	—	31	—

Vollkommen andere Resultate werden erhalten bei der Abführung der Galle in den Magen. Zur Klarstellung dieser Frage diente ein Hund mit je einer Fistel im Magen und im Anfangsteil des Ileums. Zunächst war in gewöhnlicher Weise die Norm festgestellt bei Eingabe von 300 ccm

Milch, 100 g Fleisch mit 20 g Stärke und 5 g Fett, von Eidotter und schließlich von 10 g Schweinefett. Alsdann wurde eine Cholezystogastroanastomose ausgeführt mit einer Durchschneidung des Ausführungsganges. Sämtliche Versuche wurden mehrfach wiederholt. Es erwies sich (Tab.

Tabelle CXXIII.

Zahl der Versuchstage	N der Tagesnahrung g	Fett der Tagesnahrung g	Pro Tag ausgeschiedenen Stickstoff im Harn g	Pro Tag ausgeschiedenen Stickstoff im Kot g	Körpergewicht Zu- (+) resp. Abnahme (—) in % des Anfangsgewichtes	Bilanz N %-Retention	Bilanz Fett %-Retention
			A. 300 g Fleisch und 30 g Schweinefett.				
			a. Kontrollhund.				
8	9,6	32	7,89	0,53	—8	(+12)	96
			b. Versuchshund.				
8	9,6	32	9,73	1,13	—6	87	70
			B. 200 g Brot und 600 ccm Milch.				
			a. Kontrollhund.				
8	6,04	19,2	4,31	0,23	+1,3	(+24)	98
			b. Versuchshund.				
8	6,04	19,2	6,73	0,68	—3,5	77	77
			C. 200 g Brot und 300 g Fleisch.				
			a. Kontrollhund.				
5	12,5	3			0	(+30)	84
			b. Versuchshund.				
5	12,5	3			0	(+7)	

Tabelle CXXIV.

Versuchsnahrung	Verdauungsstunden	Menge g v.	Menge g n.	Azidität $\frac{n}{10}$ v.	Azidität $\frac{n}{10}$ n.	Stickstoff g v.	Stickstoff g n.	Zucker g v.	Zucker g n.	Fett g v.	Fett g n.
				des gewonnenen Chymus							
				a) Magenfistel.							
	2	—	—	60	48	—	0,777	1,54	2,21	6,73	6,77
	3	—	—	43	43	—	0,568	0,73	0,96	3,66	3,46
Milch	4	—	—	23	41	—	0,537	0,23	0,70	—	—
	5	—	—	25	36	—	0,416	0,18	—	1,33	.,5
				b) Darmfistel.							
Milch		241	203	—	—	0,605	0,586	5,20	3,34	0,78	0,54
Schweinefett				—	—					2,03	
Fleisch, Stärke u. Fett		160		—	—	0,789		5,14		0,80	

CXXIV), daß bei Milchkost die allgemeine Azidität des Mageninhaltes, entgegengesetzt den Erwartungen, während der ganzen Verdauung ungeachtet der Anwesenheit der Galle lange Zeit beinahe dieselbe blieb wie vor der Operation. Dasselbe bezieht sich auch auf die übrigen Bestandteile des Mageninhaltes. Kurz der Eintritt von Galle unmittelbar in den Magen änderte nicht den allgemeinen Verlauf seiner Verdauungstätigkeit. Natürlich war jedoch die Azidität an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Zeiten eine andere als vor der Operation, dementsprechend mußten auch die peptischen Prozesse Abweichungen von der Norm offenbaren. Auf den allgemeinen Verlauf der Verdauung hatten sie jedoch keinen Einfluß. Aus diesem Versuche könnte angenommen werden, daß auch die Darmverdauung unverändert geblieben sein müßte. Es erwies sich jedoch, daß ausnahmslos in sämtlichen Versuchen die Fistelausscheidungen sämtlicher Chymuskomponenten nach der Operation spärlicher wurden. Dieses Verhalten weist darauf hin, daß in der oberen Darmhälfte die Verdauung und die Resorption der Nahrung vermehrt war. Derartige Erscheinungen werden jedes Mal angetroffen, wenn der Chymustransport durch den Darm aus irgend welchem Grunde verzögert wird. Es ist anzunehmen, daß auch hier derselbe Faktor den Grund der Erscheinungen abgibt. Da jedoch, wie bereits erwähnt worden ist, die Magenevakuation dieselbe geblieben war, so liegt der Gedanke nahe, daß die verzögerte Motilität des Darmes hier von Veränderungen der Galle sei es in qualitativer oder in quantitativer Hinsicht oder in beiderlei Hinsicht abhängt.

Allgemeine Bemerkung zu defekter Verdauung.

Sämtliche beschriebene Defekte des Verdauungsapparates erinnern an Herzfehler in der Hinsicht, daß in sämtlichen untersuchten und hier beschriebenen Fällen von Zeit zu Zeit temporäre Kompensationsstörungen eintreten. Der Hund wird matt, verweigert die Nahrungsaufnahme, kehrt jedoch nach 4—5 Tagen wieder zum früheren Zustande zurück. Hier ist häufig die Ursache der Störung nicht zu eruieren, die wahrscheinlich auf einer Übermüdung des Kompensationsmechanismus beruht.

---

13. Ausschaltung des gesamten Verdauungstraktus[69]).

Aus den Versuchen von Resektionen im Gebiete des Verdauungsapparates geht klar hervor, daß die Folgen für das Tier verschieden sind in Abhängigkeit davon, welcher Abschnitt entfernt worden war. Natürlicherweise taucht hierbei die Frage auf, von welchen Folgen die Entfernung des gesamten Verdauungsapparates begleitet wird. Von technischer Seite stellt eine derartige Operation keine Schwierigkeiten vor. Der Magen wird isoliert wie für seine vollständige Excision; das

Pankreas wird zwischen zwei Ligäturen an der Übergangsstelle des Corpus in die Pars lienalis durchschnitten, die Wurzel des Mesenteriums wird unterbunden, der Dickdarm durchschnitten. Von letzterem wird das Colon descendeus nachgelassen um die Möglichkeit zu haben, es nach der Excision des Magens mit dem Oesophägus zu anastomosieren und hierfür mit der Gallenblase nach Durchschneidung des Ductus coledochus. Der Verdauungskanal wird somit auf den mit einem kleinen Abschnitt des Dickdarms, in den auch die Galle abgeleitet ist, verbundenen Oesophagus reduciert. Gewünschte Erfolge sind aber dabei noch nicht erzielt worden.

14. Entfernung des Netzes und des Darmmesenteriums.

Die möglichst totale Entfernung des großen und des kleinen Netzes rufen — und dies in seltenen Fällen nur ein, und zwar vorübergehendes äußeres Symptom hervor, nach welchem man irgend eine Anomalie in der Gegend des Verdauungstraktus vermuten kann. Dieses Symptom tritt 4—5 Tage nach der Operation auf und verschwindet im Laufe von drei bis vier Tagen: Sofort nach der Nahrungsaufnahme fängt der Hund an sich herumzuwerfen, und heult wie vor starkem Schmerz. Nach 2—3 Minuten beruhigt er sich; die Schnelligkeit, mit der sich dieses Symptom nach der Mahlzeit einstellt, läßt die Vermutung zu, daß der Prozeß sich im Magen abspielt. Und in der Tat sind Angaben vorhanden, daß die Resektion des Netzes zur Bildung des Ulcus ventriculi führt. Wie dem auch sei, es muß diese Frage noch speziell bearbeitet werden. Fürs erste war es aber interessant zu untersuchen, ob das Netz irgend eine Rolle im Volumen des Stoffwechsels spielt oder nicht. Es handelt sich nämlich darum, daß die Schutzrolle des Netzes bei unnormalen Verhältnissen, die sich in der Bauchhöhle entwickeln, schon in genügendem Maße aufgeklärt ist. Es ist jedoch schwer anzunehmen, daß dem Netz nur diese Schutzrolle zukommt, die gegen mögliche pathologische Verhältnisse gerichtet ist, welche selbstverständlich im Leben des betreffenden Individuums auch fehlen können. Aus diesem Grunde muß man wohl annehmen, daß dem Netz auch unter normalen Verhältnissen eine gewisse Funktion zukommt, die vor allem mit dem Verdauungsapparat in Verbindung steht, mit welchem das Netz auch anatomisch verbunden ist. Vorerst mußte man sich deshalb zum Studium des allgemeinen Stoffwechsels wenden.

Zu diesem Zweck diente ein Hund[70]), von ca. 10 Kilo Gewicht, der in den Käfig gesetzt wurde und bei welchem man den allgemeinen Stoffwechsel bei täglicher Zufuhr von 250 g Fleisch, 50 g Stärke und 30 g Schweinefett verfolgte. Darauf schritt man zur Exstirpation des großen

und kleinen Netzes nach dem obenbeschriebenen Verfahren. Nach Verlauf von 12 Tagen wurde der Hund auf dieselbe Diät gesetzt.

Da die Exkrete keinerlei Abweichungen von der Norm aufwiesen, so wurde beschlossen zu untersuchen, wie sich der Hund zur Vergrößerung der Stärkemenge bis 100 g und darauf des Fettes bis 60 g verhalten würde. Das Fehlen von irgend-welchen schroffen Veränderungen im Gange des Stoffwechsels würde man mit derjenigen Kompensation in Verbindung bringen können, die sich auf Kosten des Darmmesenteriums entwickelt hatte. Um dieses zu kontrollieren, wurde auch dieses nach der oben beschriebenen Methode entfernt. Nach Verlauf von einigen Wochen wurde diejenige ganze Versuchsserie wiederholt, welche vor dieser letzten Operation ausgeführt worden war.

Anfangs war der Verlauf ein ebenso glatter, wie früher; am 4. Tage der Fütterung mit vergrößerter Stärkemenge stellten sich dünne Entleerungen ein, wobei der Hund an Gewicht verlor. Nachdem der Stuhl im Laufe von 4 Tagen unverändert blieb, schritt man zur dritten Diät, die fettreicher war. Der Stuhl wurde sofort normal. Um zu sehen, in welchem Maße die obenerwähnte Störung mit der gesteigerten Dosis Stärke im Zusammenhange steht, bekam der Hund von neuem die betreffende Diät. In diesem Fall trat keine merkliche Störung der Verdauung ein; deshalb blieb die Frage offen, wie man die vorhergegangene Versuchsreihe mit der Stärkefütterung deuten soll.

Nichtsdestoweniger ist es klar, daß die Resektion beider Netze mit dem Dünndarmmesenterium beinahe gar keinen Einfluß auf die Resultate des allgemeinen Stoffwechsels ausübt. Wie sich dabei die einzelnen Abschnitte des Magendarmkanals verhalten — das werden weitere Untersuchungen zeigen.

Infolge häufiger Verweigerung der Nahrung und Brechanfälle, wurde das Studium des Stoffwechsels ganz unmöglich und der Hund aus dem Käfig befreit; er blieb im Laufe von zwei Wochen unter Beobachtung. Entweder verweigerte der Hund im Laufe mehrerer Tage jegliche Nahrungsaufnahme, ja sogar von Wasser, oder aber fing er an Nahrung zu nehmen. Zuweilen verlief die Fütterung gut — Erbrechen blieb aus; es folgte Stuhlentleerung, zuweilen aber stellte sich bald nach der Nahrungsaufnahme starkes Erbrechen ein. Da der Zustand statu quo blieb, beschloß man den Hund zu töten. Die Sektion ergab völliges Fehlen von abnormen Verwachsungen im Verlauf des Darmes. Sämtliche traumatisierten Stellen waren mit flachem Epithel überdeckt. Der Darm, zumal das untere Jejunum und Ileum, konnte nur mit Mühe mit der Schere geschnitten werden. Auf dem Schnitt stellte die Dicke der Darmwand eine feste, homogene Membran dar. Das Pankreas erwies

sich stark atrophisch und verkleinert, die Milz sehr anämisch und etwas gelockert. In der Leber mikroskopisch nichts Pathologisches. Somit ruft, soweit man auf Grund der bis jetzt erzielten Resultate urteilen kann, die Entfernung des Netzes und Mesenteriums starke pathologisch-anatomische Veränderungen in den verschiedenen Abschnitten des Verdauungsapparates hervor. Die Ergründung der Natur aller dieser anatomischen und physiologischen Störungen, durch welche die normale funktionelle Bedeutung der Bauchfalte aufgeklärt werden muß, wird nur dann möglich sein, wenn in dieser Richtung eine ganze Reihe neuer und ausführlicherer Forschungen angestellt werden.

Dem Hunde, von dem hier die Rede ist, waren zunächst beide Omenta reseciert und darauf das Mesenterium entfernt worden. Die Verdauungsstörungen traten nicht sehr rasch nach der zweiten Operation auf. Es ist natürlich möglich, daß diese Störungen, die den Tod des Tieres herbeiführten, bereits nach der ersten Operation aufgetreten wären oder als Folgeerscheinung der zweiten allein. Nach dem Resultat der Beobachtung des allgemeinen Stoffwechsels kann ferner noch nicht auf eine Störung im Gebiete des Verdauungsapparates geschlossen werden in Anbetracht der Möglichkeit von kompensatorischen Erscheinungen der Art, wie sie z. B. bei der Darmresektion auftreten. In Berücksichtigung dieser Erwägungen wurde eine Reihe folgender Versuche[71]) angestellt.

Bei einem Hunde von ca. 8 Kilo Gewicht wurden nach der Beobachtung des allgemeinen Stoffwechsels bei einer bestimmten Tagesration (200 g Fleisch, 30 g Stärke, 10 g Schweinefett), sowohl das Omentum minus als das Omentum maju mit dem Milzmesenterium und dem Nebennierenmesenterium, natürlich unter Schonung der Gefäße dieser Organe entfernt. Nachdem sich der Hund von der Operation erholt hatte, wurde er abermals in den Käfig eingebracht, auf die frühere Ration gesetzt und der Stoffwechsel bei ihm einer Untersuchung unterzogen. Als es sich hierbei herausstellte, daß bei dem Hunde keinerlei Veränderungen des Stoffwechsels eingetreten waren, und der Harn vollkommen zuckerfrei war, wurde er auf längere Zeit aus dem Käfig herausgelassen. Nach 4 Monaten wurde der Stoffwechsel noch einmal geprüft und wiederum keine Veränderungen konstatiert.

Einem anderen Hunde wurde nach der Beobachtung des Stoffwechsels eine Excision des Mesenteriums nach demselben Verfahren als bei dem oben erwähnten Hunde ausgeführt. Nach Verlauf von 50 Tagen nach der Operation wurde der Stoffwechsel zum zweiten Male bestimmt.

Einem anderen Hunde war das Darmmesenterium ausgeschnitten worden und wieder der Stoffwechsel geprüft und zwar vor der Operation, 2 Wochen nach derselben und darauf noch einmal nach 2 Monaten.

Auch in diesem Falle war das Resultat ein negatives: Die Operation hatte keinerlei wahrnehmbare Veränderungen in der allgemeinen Bilanz des Stoffwechsels verursacht.

Naturgemäß entsteht die Frage, ob die Operation der Entfernung des Netzes nicht irgendwelche partielle Veränderungen in der Tätigkeit des Verdauungskanals gesetzt hat. Eine Orientierung schiene hier am einfachsten möglich vermittelst einer Darmfistel. Eine derartige wurde auch in der gewöhnlichen Weise angelegt. Es erwies sich hierbei, daß, während ein normaler Hund eine Entfernung des Netzes leicht erträgt ein Fistelhund nach dieser Operation rasch zu Grunde geht. Unsere Beobachtungen betreffen 5 gewöhnliche Hunde und 3 Fistelhunde. Während die ersten ohne jegliche Komplikation am Leben blieben, kamen letztere alle 10—20 Tage nach der Operation um, wobei bei der Obduktion die Ursache des Todes nicht zu erkennen war. Was der Grund des Todes ist, ist vorläufig aus Mangel an Material schwer zu sagen. Jedenfalls ist es klar, daß eine scheinbar unbedeutende Abweichung von der Norm im Darme, wie das Vorhandensein einer Fistel, die Entfernung des Netzes zu einer ernsten Komplikation gestaltete. Der Umstand, daß die Abwesenheit des Darmmesenteriums, die an und für sich nur einen unschädlichen Defekt darstellt, bei Abwesenheit des Netzes gefährlich wird, beweist, daß gewöhnlich der Defekt des Netzes funktionell durch das Mesenterium kompensiert wird. Worin diese Funktion besteht, das können wieder nur weitere Versuche in verschiedener Richtung klarstellen.

Chymotherapeutische Versuche.

1. Allgemeine Bemerkungen.

Die Kompensationstätigkeit der einzelnen Darmabschnitte bewegt sich innerhalb gewisser Grenzen, über die hinaus sie, entweder ungenügend wird, oder vollständig ausbleibt. In solchen Fällen macht sich die Notwendigkeit geltend, durch äußere palliative Mittel, in erster Reihe durch die Nahrung, den Defekt zu kompensieren, um die Verdauungstätigkeit in möglichst normalem Gange zu erhalten. Hier lassen sich Wege einschlagen, die eigentlich von den Klinikern lange benutzt werden, bisher aber der Beleuchtung durch Experimente an pathologischen Tieren ermangeln.

Einerseits könnte bei gestörter Tätigkeit des einen oder des anderen Darmabschnittes die Kompensation dadurch erreicht werden, daß zugleich mit der gewohnten Nahrung auch das Ferment, welches speziell von diesem Abschnitt produziert oder hervorgerufen wird, zugeführt würde. Andererseits mag es zweckmäßiger erscheinen, anstatt des Sub-

strates und des auf dieses wirkenden Fermentes, direkt die durch das letztere gewonnenen Abbauprodukte zu verabreichen. In dieser Richtung sind schon wie bekannt Experimente angestellt worden, und es erwies sich, daß man bei normalen Tieren und sogar Menschen die natürliche Eiweißnahrung durch die Endprodukte der Eiweißspaltung ersetzen kann. Es hat aber den Anschein, daß, — wenigstens in gewissen Fällen — den aus den verschiedenen Darmabschnitten bei verschiedener Diät gewonnenen natürlichen Produkten der Verdauung der Vorzug zu geben ist. Endlich bleibt uns die in der Praxis am weitesten verbreitete Methode übrig, die Zusammensetzung der zugeführten Nahrungsmittel den im Darm gegebenen Verhältnissen der Verdauungstätigkeit anzupassen. Welcher von den angeführten Wegen in jedem einzelnen Fall zum Ziel führen kann, darüber müssen die in jedem einzelnen Falle beim Tiere vorliegenden pathologischen Verhältnisse Aufschluß geben. Auf diese Grundlage stützt sich folgende Reihe von Experimenten und klinischen Beobachtungen.

Beim Fehlen des Magens entstehen alle Verdauungsanomalien, abgesehen von rein mechanischen Störungen, aus dem Grunde, weil der gesamte Verdauungsprozeß hier auf die Wirkung derjenigen (transpylorischen) Verdauungssäfte angewiesen ist, welche normalerweise in hohem Maße durch das Sekret des gerade hier fehlenden Organs angeregt werden. Zur Beseitigung der hier auftretenden Verdauungsabnormitäten sind verschiedene Verfahren denkbar. Man könnte erstens günstige Erfolge erwarten, wenn man gleichzeitig mit der Nahrung natürlichen Magensaft zuführte. Der Magensaft würde die transpylorischen Säfte anregen und zwar hauptsächlich den pankreatischen Saft, welcher aber auch direkt zugeführt werden kann. Scheinbar wäre es auch zweckmäßig, die Nahrungssubstanzen, wenigstens teilweise, in verdautem Zustande zu verabfolgen. Am einfachsten könnte man vielleicht ans Ziel gelangen, wenn man der Speise solche Nahrungssubstanzen beifügte, welche anregend auf die Verdauungssekretionen wirken.

Beim Fehlen von Pankreassaft ist der gesamte Verdauungsprozeß auf den Magen- und Darmsaft angewiesen. Findet nun keine genügende Kompensation des Defektes statt, so bleibt nichts anderes übrig, als entweder mit der Speise Pankreassaft einzuverleiben, oder die genuinen Nahrungsstoffe durch ihre Verdauungsprodukte zu ersetzen.

Die Durchfälle, welche nicht selten nach ausgedehnten Darmresektionen sich einstellen, sind komplizierten Ursprungs. Erstens kommt hier in Betracht die bedeutende Verkleinerung der Oberfläche, von welcher der Darmsaft abgesondert, der Pankreassaft angeregt und die Magenentleerung verlangsamt wird, abgesehen davon, daß der belassene

Darmabschnitt sich dem ihm zufließenden abundanten Chymusmengen anzupassen vermag. Außer Darmsaft, der hier direkt indiziert zu sein scheint, könnte man wieder vielleicht mit Erfolg vom Pankreassaft und Chymusprodukten Gebrauch machen.

Wie sich der normale Organismus gegenüber löslichen Chymusprodukten im Allgemeinen verhält, ist aus folgenden an zwei normalen Hunden[72]) angestellten Versuchen zu ersehen. Der eine von den Hunden (Tab. CXXVII) erhielt 9 Tage lang unter Zusatz von 180 g Stärke, 30 g Zucker, 50 g Fett und Fleischwasser pro Tag 50 g Gliadin (aus der Pasewalker Stärkefabrik). Dann wurde das Gliadin 10 Tage lang durch eine äquivalente Menge von Magenverdauungsprodukten desselben Eiweißes ersetzt. Es erwies sich, daß der Hund im letzteren Falle mit dem Harn 1 g *N* pro Tag weniger ausschied und dementsprechend ein Stickstoffansatz von 8 % erfolgte, obschon der *N*-Gehalt des Kotes anstieg; das Körpergewicht wuchs ebenfalls an. Der zweite Versuchshund bekam Darmverdauungsprodukte von zweierlei Art: 1) eingetrocknetes Filtrat aus frischem enteiweißtem Chymus und 2) lösliche Substanzen des Darmchymus, welcher mehrere Monate lang im Brutschranke weiterer Verdauung unter Toluol ausgesetzt worden war.

In qualitativer Hinsicht fielen die Resultate dieses Versuches ebenso aus, wie die mit den Verdauungsprodukten. Der Unterschied ist nur ein quantitativer. Im allgemeinen läßt sich eine Steigerung des Stickstoffansatzes nebst einem Anwachsen des Grades der Eiweißspaltung resp. Sinken der Peptid-Zahl wahrnehmen:

Tabelle CXXV.

Peptidzahl der Verdauungsprodukte	Stickstoffansatz:
92	— 2
77	+ 6
60	— 12
28	+ 16

Dieses Ergebnis würde wahrscheinlich schärfer hervortreten, wenn der Hund nicht einen Teil der Verdauungsprodukte mit dem Kot entleerte. Der Stuhl war bei Zufuhr von Darmverdauungsprodukten stets dünnflüssig, was teilweise mit den Toluolresten in Zusammenhang zu bringen ist. Täglich wurde mit dem Kot (nach der *HCl*-Hydrolyse) 0,12 g Glutaminsäure und 0,05 g Tyrosin ausgeschieden.

2. Fehlen des Magens (CXXVI).

Die Versuche am Hunde Nr. 7 (Edestinprobe im Harn negativ) ergaben, daß am besten die Stickstoffsubstanzen der Nahrung (Fleisch

Tabelle CXXVI.

Fleisch g	Milch ccm	Futter pro Tag Zusatz	Zahl der Versuchstage	Stickstoff Harn	Stickstoff Kot	Bilanz N	Bilanz Körpergewicht %
		Hund No. 6.					
		a. Normaler Zustand.					
450	200 (15,4 g N)	ohne	413	3,42	0,24	+ 7	+ 1
200	200 (10,5 g N)	90 g Eigelb	5	9,73	0,20	+ 6	+ 1
		Hund No. 7.					
		Magenexstirpation.					
300	400 (11,2 g N)	ohne	5	8,98	1,19	+ 9	+ 3
300	400 (11,2 g N)	75 ccm Magensaft	2	9,90	1,35	0	0
300	400 (11,3 g N)	1 g Pankreassaftpulver	2	0,66	1,4	+ 2	+ 2
225	400 (10,8 g N)	75 ccm Eigelb	4	10,59	0,61	— 4	+ 2
300	400 (11,2 g N)	30 g Fleischverdauungsprodukte	2	—	0,79	—	0
		Hund No. 3.					
		b. Normaler Zustand.					
200	400 (8,76 g N)	ohne	8	7,20	0,33	+ 14	Gleichgewicht
		c. Pankreasresektion.					
200	400 (8,02 g N)		6	6,31	2,03	— 4	— 7
200	400 (7,96 g N)	1 g Trypsin (käuflich)	3	7,77	1,91	— 23	— 2
200	400 (8,38 g N)	1 g Trypsin vom Hunde	2	7,14	1,94	— 8	Gleichgewicht
		Hund No. 8.					
		b. Normaler Zustand.					
300	200 (10,4 g N)	ohne	3	9,9	0,5	0	0
		c. Pankreasresektion.					
300	200 (10,66 g N)		3	8,85	3,65	— 17	+ 1
300	200 (10,95 g N)	3 g Trypsinogen vom Hunde	5	9,52	0,58	+ 8	+ 1
500	200 (17,08 g N)	—	5	11,24	6,11	— 2	+ 7
500	200 (17,48 g N)	4 g Trypsinogen vom Hunde	1	19,74	1,59	— 8	—
500	200 (17,03 g N)	3 g Trypsin (käuflich)	2	13,96	1,85	+ 7	Gleichgewicht
		Hund No. 4.					
		a. Vor der Operation.					
300	200 (10,59)	—	3	8,99	0,30	+ 12	+ 0,7
		b. Nach der ersten Resektion.					
300	200 (10,70)	—	8	10,53	0,47	— 2	— 0,7
300	200 (11,03)	3 g Trypsinogen	3	10,40	0,36	+ 5	+ 1,5
300	200 (10,77)	2 g Darmsaftpulver	2	10,27	0,32	+ 1	+ 0,8
		c. Nach der zweiten Resektion.					
300	200 (10,14)	—	14	10,13	0,42	— 0,1	— 0,8
300	200 (10,97)	4 g Trypsinogen	3	8,73	0,45	+ 16	+ 1,2

mit Milch) dann resorbiert werden, wenn mit derselben Eigelb verabfolgt wurde (Kot-$N = 0{,}61$ g). Hinzufügung von Magensaft war erfolglos (Kot-$N = 1{,}35$ g). Dasselbe läßt sich vom Pankreassaft sagen. Gut resorbiert wurden die Fleischverdauungsprodukte vom Darm.

Tabelle CXXVII.

Stickstoffsubstanz der Nahrung pro Tag	Zusatz zu den Eiweißsubstanzen pro Tag	Zahl der Versuchstage	N Harn g	N Kot g	Bilanz N	Bilanz Körpergewicht %
Hund No. 1.						
a. Normaler Zustand.						
50 g Gliadin (7,43 g N)	180 g Stärke,	9	6,52	0,28	+ 8	— 2
50 g Magenverdauungsprodukte des Gliadins (7,31 g N)	30 g Rohrzucker, 50 g Schweinefett, 600 ccm Fleischwasser	10	5,57	0,61	+ 16	+ 1
Hund No. 2.						
a. Normaler Zustand.						
28 g Gliadin (4,49 g N)	100 g Stärke,	8	4,12	0,47	— 2	+ 5
30 g Darmprodukte des Gliadins (4,36 g N)	20 g Rohrzucker, 35 g Schweinefett,	8	3,38	0,47	+ 12	+ 5
31 g Brutschrankdarmprodukte des Gliadins (4,40 g N)	400 ccm Fleischwasser	11	3,03	0,66	+ 16	+ 2
Hund No. 3.						
a. Pankreasresektion.						
400 g Fleisch (12,8 g N)	200 ccm Milch	6	9,27	4,05	+ 2	+ 2
133 g Magenprodukte des Fleisches (12,8 g N)	200 ccm Wasser	3	9,31	3,03	+ 9	— 5
Hund No. 4.						
Nach der Dünndarmresektion (204 cm).						
400 g Fleisch (12,8 g N)		9	12,28	1,07	+ 6	+ 6
200 g Fleisch und 53 g Magenverdauungsprodukte des Fleisches (12,85 g N)		6	9,83	1,22	+ 23	+ 2
Hund No. 5.						
a. Vor der Operation.						
300 g Fleisch (9,6 N)	300 ccm Milch (0,99 g N) 200 ccm Wasser	3	8,99	0,30	+ 12	+ 0,7
b. Nach der Operation der Dünndarmausschaltung (3/4)						
300 Fleisch	200 ccm Milch 200 ccm Wasser	9	9,58	0,42	+ 4	0
150 Fleisch (4,8 g N) u. 40 g Magenverdauungsprodukte aus verfüttertem Fleisch (4,71 g N)	„ (1,0 g N)	3	8,91	0,51	+ 10	0
300 g Fleisch (9,6 g N)	„	3	9,86	0,57	+ 2	0

3. Fehlen des Pankreassaftes.

Aus dem Versuche am Hunde No. 3 läßt sich der Schluß ziehen, daß Zufuhr von Magenverdauungsprodukten beim Fehlen von Pankreassaft im Darm ebenfalls zur Sparung von Stickstoff führt und zwar infolge verminderter *N*-Ausscheidung, aber nicht im Harn — wie es in der Norm der Fall ist – sondern im Kot. Beim Fehlen von Pankreassaft wird derjenige Teil des Eiweißes, welcher vom Magen unverändert in den Darm befördert wird, mit dem Kot entleert. Wird die Nahrung schon in verdautem Zustande zugeführt, so müßte sie eigentlich total resorbiert werden. Im gegebenen Versuche aber mag es nicht der Fall gewesen sein, weil die gelöste Substanz auf dem Wasserbade eingetrocknet worden war, wobei gewöhnlich ein Teil der Substanz unlöslich wird. Bei weitem günstigere Erfolge wurden durch Einverleibung von Pankreassaft erzielt. Im Versuche No. 8 gelang es z. B. mit 3—4 g Trypsinogen vom Hunde den täglichen Kotstickstoff bis zum normalen Wert herabzusetzen. Auch das Trypsin wirkte in derselben Richtung.

4. Dünndarmresektion.

Bei den Hunden No. 4 und 5 mit Dünndarmresektion bewirkten die Chymusprodukte ebenso wie in der Norm bedeutende Herabsetzung des Stickstoffs (von 12,8 g auf 9,38 g pro Tag beim Hunde No. 4 und von 9,53 g auf 8,91 g beim Hunde No. 5). Derselbe Erfolg wurde erzielt durch Zusatz zu der gewöhnlichen Speise von 3—4 g zymogenen Pankreassaftpulver (Bezugsquelle: Aktiengesellschaft „Pharmakon". St. Petersburg. Tswjetotschnaja ulica). Darmsaft aus einer Vella-Fistel (Bezugsquelle: ebenda) blieb ganz erfolglos.

5. Fütterungsversuche per jejunum.[73])

Bei Unmöglichkeit einer Anastomisierung von Magen und Darm kann man entweder das Jejunum mit dem oberen Teil des Oesophagus verbinden oder aber zu einer Jejunostomie schreiten mit nachfolgender Einführung der Nahrung direkt in den Darm. Die erste Methode, die des häufigeren schon am Menschen mit Erfolg versucht wurde, ist beim Hunde kaum möglich. Wenigstens ergaben sämtliche bisher angestellte Versuche negative Resultate, wobei als Hauptursache des Mißlingens wohl die ungenügende Ernährung der unter der Haut durchgeführten Darmschlinge angesehen werden darf.

Möglicherweise werden beim Hunde günstigere Resultate erzielt werden, bei einem Versuch das Verfahren anzuwenden, welches zur Zeit in der Chirurgie ausgearbeitet wird, nämlich das Verfahren der Herstellung eines künstlichen Oesophagus aus der großen Kurvatur des Magens.

Die zweite Methode — Ausführung der Jejunostomie — ist beim Hunde sehr einfach. Eine möglichst breite Kanüle wird in den Anfangsteil des Jejunums eingeführt und mit einem Pfropfen, wie gewöhnlich, verschlossen. Bei der Einführung von Nahrungsmitteln wird dieser Pfropfen durch einen mit einer Glaskanüle durchlöcherten ersetzt, wobei der an der Glaskanüle angebrachte Gummischlauch in das distale Ende des Darmes eingeführt wird. Der nach außen mündende Teil der Glaskanüle wird auch mit einem Gummischlauch versehen, durch welchen die flüssigen Nahrungsmittel mit einer Spritze eingeführt werden. Feste Nahrung wird einfach mit dem Finger durch das Lumen der Kanüle und des Schlauches mechanisch durchgeführt. Wünscht man die von oberhalb der Kanüle zufließenden Verdauungssäfte abzuleiten, so wird der innere Gummischlauch durch den Ballonapparat mit der zu- und ableitenden Röhre ersetzt und zur Ableitung des Magensaftes die Magenfistel benutzt.

Als Nahrungssubstanzen wurden Fleisch (gemahlenes), Stärke, Milch und Eigelb versucht. Die Tabelle (CXXVIII) zeigt, daß der Organismus von Fleisch und Stärke wenig Nutzen zu ziehen vermag, wenn dieselben durch das Jejunum einverleibt werden. Der Hund, welcher bei täglicher Einnahme per os von 500 g Fleisch und 200 g Stärke eine bedeutende Menge Stickstoff ansetzte und demgemäß im Laufe von drei Tagen um 930 g an Körpergewicht zunahm, verlor bei Einverleibung derselben Nahrungssubstanzen per jejunum binnen 2 Tagen 1030 g, wobei der Kot bedeutende Mengen von Stickstoff enthielt (4,88 g pro Tag). Zusatz von 200 ccm $\frac{n}{20}$ HCl brachte wenig Nutzen.

Durch Einführung per jejunum von Fleisch mit Milch gelang es verhältnismäßig günstigere Erfolge zu erzielen; doch mußte der Versuch wegen eingetretener Diarrhöe und drohender Abmagerung abgebrochen werden. Tägliche Einnahme per os von 500 g Fleisch und 800 ccm Milch steigerte im Laufe von 12 Tagen unter Stickstoffansatz das Körpergewicht um 1 Kilo, während bei Einverleibung derselben Kost per jejunum das Körpergewicht im Laufe von 9 Tagen um ca. 3 Kilo sank.

Die Ernährung durch das Jejunum geriet erst dann in Gang, als man vom Eigelb Gebrauch machte. Es stellte sich dabei heraus, daß ein Gemisch von Fleisch, Milch und Eigelb vom Darm lange Zeit hindurch gut vertragen wird. Während der Fütterung blieb der Hund im Gestell ruhig stehen, in dem er meistenteils schlief. Von Verdauungsstörungen war nichts zu merken. Die Nahrungssubstanzen wurden zwar weniger vollkommen ausgenützt als bei der Verabfolgung per os; namentlich wurde mehr Stickstoff mit dem Harn und Kot ausgeschieden; es

genügte aber eine gewisse Mehrzufuhr von Stickstoffsubstanz in das Jejunum, um den Stoffwechsel mit dem bei der Mundfütterung gleichzustellen. Die Mundnahrung bestand aus 200 g Fleisch, 1 Liter Milch und 10 Eigelben; für eine gleichwertige Jejunumernährung genügte ein Zusatz von 30 g Fleischpulver.

Die Nahrungssubstanzen wurden in kleineren Portionen (30 ccm Milch mit Eigelb resp. 10 g Fleisch mit Fleischpulver) alle $^1/_4$-Stunden in des Jejunum gebracht. An den ersten 9 Versuchstagen dauerte die Jejunumfütterung 9 Stunden, an den übrigen Tagen bloß 7 Stunden.

Tabelle CXXVIII.

Zahl der Versuchstage		Harn N		Kot N		Kot Fett		Körpergewicht Zu- (+) resp. Abnahme (—)	
os	jej.	os	jej.	os	jej.	os	jej.	os	jej.
Mittelwerte in g.									
Hund No. 1.									
500 g Fleisch und 200 g Stärke (= 16 g *N*).									
8	2	11,63	9,29	0,7	4,88	—	—	+ 930	— 1030
500 g Fleisch und 800 ccm Milch (= 20 g *N* und 25 g Fett)									
12	9	17,32	16,93	1,54	3,95	3,66	6,59	+ 1000	— 3950
Hund No. 2.									
200 g Fleisch, 1 Liter Milch und 10 Eigelbe (= 15,5 g und *N* 56,5 g Fett).									
6	3	15,41	16,0	0,2	1,37	0,5	3,76	0	— 150
200 Fleisch, 30 g Fleischpulver, 1 Liter Milch und 10 Eigelbe (= 18,95 g *N* und 56,5 g Fett).									
2	12	12,68	15,37	0,98	2,97	3,18	6,33	+ 50	+ 250
200 g Fleisch, 30 g Fleischpulver, 1 Liter Milch und 10 Eigelbe (unter Ableitung der Verdauungssäfte).									
—	8		13,24	—	2,79		10,29	—	— 50

In den letzten 3 Tagen wurden während der Fütterung die Verdauungssäfte sowohl aus der Darmfistel als auch aus der Magenfistel in obenangegebener Weise nach außen temporär geleitet. Nach Entnahme von geringen Mengen für die Kjeldahl-Analyse wurden die entleerten Säfte der Nahrung beigemengt, um die Mischung in den Darm überzuführen. In dem einen Verfahren wurde zuerst Eigelb, im anderen Milch und im dritten ein Gemisch beider in den Darm geleitet. Dann folgte die abwechselnde Zufuhr von Fleisch und Milch mit Eigelb. Bei diesen Verfahren ließ sich die getrennte Wirkung der einzelnen Nahrungskomponenten beobachten. Es erwies sich nun, daß Fleischzufuhr keine nennenswerte Saftabsonderung zur Folge hatte. Einspritzung von Milch rief nur eine spärliche Säftesekretion hervor. So z. B. folgte auf die initiale Einspritzung von 20 ccm Milch nach Ablauf von 4 Minuten eine Sekretion von 8 ccm aus der Jejunumfistel, die 30 Minuten dauerte; aus der Magen-

fistel ergoß sich ebenfalls eine geringe Menge Magensaft, dem regurgitierte Duodenalsäfte beigemengt waren. Demgegenüber rief das initiale Einspritzen von 20 ccm Eigelb einen abundanteren Fluß von Pankreassaft mit Galle sowohl aus der Darmfistel (28 ccm in 8 Minuten) als auch aus der Magenfistel hervor. Während der gesamten Fütterungszeit wurden im ersten Versuch 268 ccm Saft mit einer *N*-Menge von 0,8 g aus der Jejunumfistel und 170 ccm aus der Magenfistel, im zweiten Versuch 199 ccm (0,8 g *N*) aus der ersteren und 150 ccm aus der letzteren und im dritten Versuch 108 ccm (0,32 g *N*) und 90 ccm (0,21 g *N*) ausgeschieden.

Aus dem Gesagten erhellt, daß das Eigelb bei der Ernährung durch das Jejunum eine Sonderstellung einnimmt und zwar wegen seiner außerordentlichen Eigenschaft, die Verdauungssekretionen vom Darme aus anzuregen. Milch besitzt diese Eigenschaft in viel geringerem Maße.

Bemerkenswert ist weiter, daß bei der Ernährung durch das Jejunum mittels des angegebenen Speisegemisches ein Teil der transpylorischen Säfte direkt in den Darm der Speise nachströmt, der andere Teil hingegen in den Magen zurückgeschleudert wird, um sodann portionsweise wieder in den Darm befördert zu werden.

Enthält die Kost keine Substanzen, die vom Darme aus die Verdauungssäfte anzuregen befähigt sind, so genügt die Sekretion der Säfte bei Einführung der betreffenden Speise in den Mittelteil des Jejunums nicht, wenigstens beim normalen Hund mit intaktem Magen, um die Nahrungsmenge, welche zur Aufrechterhaltung des Körper- und Stickstoffgleichgewichts notwendig ist, zu verarbeiten; es entstehen dabei verschiedene Verdauungsanomalien, wie Diarrhöen u. s. w.

A priori schien es am vorteilhaftesten Jejunalchymus behufs Ernährung des Hundes durch das Jejunum zu gebrauchen. Zur Klärung dieses Gegenstandes wurde eine große Reihe von entsprechenden Versuchen ausgeführt. Bei Hunden mit Jejunumfistel wurde der Chymus unter Verfütterung von Fleisch mit Stärke und Fett gesammelt. Die Fistel wurde alle $^{3}/_{4}$-Stunden für $^{1}/_{4}$ Stunde geöffnet. Der ausfließende Chymus wurde entweder auf dem Wasserbade zum Eintrocknen gebracht, wobei die Fermente inaktiv wurden, oder im Ventilatorschrank bei gewöhnlicher Temperatur auf breiten flachen Tellern abgedampft. Der trockene Chymus wurde fein gepulvert und vor dem Gebrauch in warmem Wasser aufgenommen.

Aus der Summe der Beobachtungen über die Ernährung mit dem Jejunalchymus geht eindeutig hervor, daß der Hund ein verschiedenes Verhalten zeigte in Abhängigkeit davon, ob man ihm seinen eigenen

Chymus einführte oder aber den eines anderen Tieres der gleichen Art. Der eigene Chymus wird unvergleichlich besser vertragen als der eines anderen Tieres der gleichen Art. Diese Tatsache gestattet die Vermutung auszusprechen, selbstverständlich in der Voraussetzung, daß sie durch weitere Versuche bestätigt bezw. verallgemeinert werden könnte, daß die Eiweißkörper der Nahrung schon im Darmtraktus durch die Spaltung gewissermaßen spezifisch individualisiert werden. Es ist daher wahrscheinlich, daß gerade in dieser spezifischen Individualisierung sich das Wesen der fermentativen Arbeit des Verdauungstraktus äußert.

Bei den Fütterungsversuchen kam es häufig zu Diarrhöen und Erbrechen. In den Magen kann der Darminhalt, wie aus diesen Versuchen unter anderem zu ersehen ist, nicht nur aus dem Duodenum gelangen, sondern zuweilen durch Antiperistaltik auch aus den tiefer gelegenen Partien. So konnten wir wiederholt beobachten, daß bei Fütterung durch die Jejunalfistel mit Fleisch und Milch, der Hund Fleischstückchen erbricht; dieses Erbrechen ist wahrscheinlich wohl die Folge von Überfüllung des Darmes.

6. Magenmilch (Pepto-Milch).

Der Versuch, die gewöhnlichen Nahrungsmittel durch Produkte ihrer Degradation zu ersetzen, wird, so muß wenigstens angenommen werden, einmal doch zu einer nützlichen, praktischen Anwendung führen. Als wirksame Agentien werden hierbei jedoch kaum die einfachsten Derivate der Nahrungselemente in Frage kommen, besonders in den Fällen, in denen die Verdauungsanomalien durch eine ungenügende Magentätigkeit verursacht werden.

Wenn die ungenügende Bearbeitung der Nahrung im Magen überhaupt eine Belastung des Darmes zur Folge hat, so ist eine derartige bei Milchkost besonders ungünstig, da die im Magen nicht geronnene, resp. nicht rasch fest gewordene Milch recht rasch unverändert in die unteren Abschnitte des Darmes übergeführt wird, wo die Verdauung langsam erfolgen und bei Anwesenheit von Bakterien einen anormalen Verlauf annehmen muß. In sämtlichen Fällen, in denen von uns dem Magen entweder in seinem Pylorusteil oder in seinem Fundus ein Verlust gesetzt worden war, war der rasche Übergaug der Vollmilch ins Ileum durch die Fistel deutlich sichtbar. — Natürlicherweise drängt sich hierbei die Idee auf, statt der gewöhnlichen Milch dieselbe in dem Zustande zu verabreichen, in dem sie sich nach der normalen Einwirkung von Magensaft befindet. Weiter oben ist bereits darauf hingewiesen worden, daß die Milch im Magen entweder ein lockeres Gerinsel bildet, das allmählich verdaut wird und in den Darm übergeht, oder einen

kompakteren Ballen, der lange im Magen liegen bleibt. Es ist somit unzweifelhaft, daß die Bildung eines lockeren Gerinsels der Norm der Magenverdauung näher kommt.

Ausgehend von allen diesen Beobachtungen könnte angenommen werden, daß es am meisten dem Zweck entsprechen würde, die Bedeutung eines Ersatzes der Milch durch dasjenige Produkt derselben, das 30—40 Minuten nach ihrer Einnahme im Magen gebildet wird, zu prüfen. Zu dieser Zeit stellt das geronnene Casein eine sehr zarte lockere Masse dar. Wird dieser Mageninhalt durch ein dichtes Haarnetz durchgesiebt, so erhält man eine dünne Caseinemulsion. Wird dieselbe zur Hälfte mit abgerahmter Milch versetzt und unter Umrühren gekocht, so entsteht eine Flüssigkeit von folgender Zusammensetzung: Säuregehalt: 60 –70; Stickstoff 0,55%; Zucker ca. 3%; Fett ca. 4%; Eiweißverdauungsprodukte 27%, darunter 85% Albumosen. Grad der Fettspaltung 20%.

Versuche in vitro haben ergeben, daß dieses Präparat im Vergleich zur Milch durch Magensaft ungleich rascher verdaut wird.

Aus den Zahlen, die den Bestand dieses Milchproduktes charakterisieren, ist es ersichtlich, daß es sich von der natürlichen Milch unterscheidet, erstens durch seine beträchtliche Azidität, die durch den Gehalt an gebundener Salzsäure bedingt wird, zweitens durch die beträchtliche Verdauung des Caseins und der Fette und schließlich durch das Prävalieren unter den Verdauungsprodukten des Caseins von Albumosen. Hieraus ist es ersichtlich, daß seinem chemischen Bestande nach sich dieses Milchpräparat gewissermaßen von der Eiweiß-Milch von Finkelstein und Mayer unterscheidet, mit der es hinsichtlich seines Aussehens verglichen werden könnte. Doch auch hier ist ein gewisser Unterschied zwischen beiden Präparaten vorhanden. Beim Abstehen trennt sich die Pepto-Milch in drei Schichten: am Boden des Gefäßes setzt sich das Casein ab, über ihm ist eine durchsichtige, schwach gelbe Flüssigkeit sichtbar, auf deren Oberfläche eine fettreiche Schicht schwimmt.

Ein Vergleichsversuch der Verdauung der Pepto-Milch und der gekochten Milch durch natürlichen Magensaft in vitro ergab wie erwähnt, daß ceteris paribus die erstere bedeutend rascher verdaut wird, als die zweite. Nach einem Aufenthalte von 24 Stunden im Thermostaten bei einer Temperatur von 37° C. von 20 ccm beider Produkte mit 10 ccm Magensaft, war das Casein der Pepto-Milch vollkommen verdaut, während die gekochte Milch noch 1/3 des Caseins in ungelöstem Zustande enthielt. Versuche am „polychymotischen“ Hunde ergaben, daß unter sonst gleichen Bedingungen die Pepto-Milch hauptsächlich durch die Albumosen eine dreifach stärkere Gallenabscheidung und durch die Säuren eine bedeutende (9 : 7) Ausscheidung von Pankreassekret hervorruft. Es ist jedoch wohl

kaum möglich hierdurch den hohen Heileffekt zu erklären, den die Pepto-Milch bei ihrer Anwendung als einziges Nahrungsmittel bei Kindern im Säuglingsalter bei starken Ernährungsstörungen, die von unstillbaren Durchfällen begleitet sind (Stadium decompositionis, intoxicatio, enteritis follicularis) bewirkt. Der erste sichtbare Effekt ist das rasche Aufhören der Durchfälle, worauf eine allmähliche Gewichtszunahme des Kindes, eine Besserung des allgemeinen Habitus und des Selbstbefindens erfolgt [74]. Natürlich ist eine weitere Ausarbeitung dieser Frage erwünscht. —

Allgemeine Schlußbetrachtungen.

Das quantitative Studium der langen Reihe von Prozessen, aus denen der komplizierte Verdauungsakt bei den höheren Tieren zusammengesetzt ist, beweist, daß die Masse der Nahrungssubstanzen sozusagen den Grundhebel darstellt, welcher diese sämtlichen Prozesse nach bestimmten Richtungen lenkt. In dieser Hinsicht ist es zunächst lehrreich, daß unter gewissen Bedingungen der Verlauf der Magen-Darmverdauung der monomolekularen Formel entspricht, welche aus dem in den entsprechenden Prozessen der leblosen Natur herrschenden Gesetze der Massenwirkung hervorgeht. Diese Formel kommt z. B. zum Ausdruck im Verlaufe der Magenverdauung bei Einführung relativ mäßiger Mengen von Fleisch (S. 72), Eiereiweiß (S. 70), Milchpulver (S. 90), Stärke (S. 84) und im Verlaufe der Darmverdauung bei Einführung einer Lösung von Amylodextrin durch den isolierten Darmteil (S. 204).

Zwischen den Prozessen in vitro und im Verdauungsapparat in vivo ist zunächst folgender Unterschied vorhanden. Bei den Versuchen in vitro werden gewöhnlich sämtliche Reagentien von Beginn an in vollen Mengen zugefügt, während im zweiten Falle in voller Menge nur die Nahrungsmasse verabreicht wird, während die Säfte allmählich hinzufließen. Der wesentlichste Umstand hierbei ist jedoch, daß die Verdauungssäfte wiederum in bestimmter Folge in quantitativer Abhängigkeit von der Nahrungsmasse zufließen. Von letzterer hängt zunächst die Menge des Magensaftes ab, welche ihrerseits den quantitativen Zufluß des Pankreassaftes bestimmt, dessen Einwirkungsprodukt wiederum die Absonderung des Darmsekretes normiert u. s. w.

Eine Reihe von Untersuchungen, die in dieser Richtung ausgeführt worden sind, zeigt, daß der Verdauungsapparat in allen Fällen (S. 75, 132 bis 139) ein Quadratwurzelverhältnis offenbart zwischen dem einwirkenden Agens und seinem Produkt und zwar: letzteres (x) nimmt zu oder ab proportional der Quadratwurzel des ersteren (M):

$$x = K \sqrt{M} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

Von dieser Formel, welche das Resultat der unmittelbaren Beobachtung im Bereiche ihrer Zugänglichkeit ausdrückt, ist es nicht schwer auf die Klarlegung des allgemeinen Gesetzes überzugehen, nach welchem

hier das quantitative gegenseitige Verhältnis zwischen ursächlichem Moment und seinen Folgen normiert wird.

Durch Differenzieren der allgemeinen Formel erhalten wir:

$$dx = \frac{dM}{2\sqrt{M}} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

Wird nun (2) durch (1) geteilt, so resultiert:

$$\frac{dx}{x} = {}^1\!/_2 \frac{dM}{M} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (3).$$

Diese differenzierte Gleichung bestimmt x in Funktion von M. Durch Integration derselben erhalten wir:

$$\log x = {}^1\!/_2 \log M + \log k,$$

wobei k die Konstante der Integration ist; ferner

$$\log x = \log (k\, M^{\frac{1}{2}})$$

$$x = k \sqrt{M}.$$

In der Gleichung (3) ist $\frac{dx}{x}$ das Verhältnis des unendlich kleinen Zuwachses x zur Bedeutung von x selber; dieser Bruch kann als relativer Zuwachs von x bezeichnet werden. In diesem Fall besagt die Gleichung (3), daß in der Arbeit des Verdauungsapparates das Gesetz herrscht, laut welchem die relative Zunahme des Effektes um das doppelte geringer ist als die relative Zunahme des ursächlichen Faktors. Dieses einfache Verhältnis 1 : 2 ist unserer Vorstellung zugänglicher als das Quadratwurzelverhältnis.

Es entsteht nun die weitere Frage, ob die beobachtete Gesetzmäßigkeit auf mechanische Bedingungen zurückgeführt werden kann, die im Gebiete des Verdauungsapparates wirksam sind[75]).

Der Magen hat einen bestimmten Tonus, kraft dessen er bestrebt ist, stets ein möglichst kleines Volumen einzunehmen. Sobald in denselben ein Inhalt gelangt, wird er ausgedehnt, wobei die Ausdehnung in der Querrichtung erfolgt; der Längsdurchmesser bleibt gewissermaßen unverändert, da dessen beiden Pole, d. h. die Kardia und der Pylorus fixirt sind Nehmen wir der Einfachheit wegen an, daß der Magen die Form eines Cylinders von konstanter Länge gleich L aufweist; sein Volumen ist beim Eintritt von Nahrung in ihn gleich A; der Radius des Cylinders wird dann bestimmt aus der Gleichung:

$$\pi R^2 L = A \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

Die Ausscheidung des Magensaftes erfolgt durch enge Ausführungsgänge, offenbar unter konstanten Bedingungen, da im entgegengesetzten Falle die secernierenden Zellen leiden könnten. Unter diesen Bedingungen ist die Menge des ausgeschiedenen Saftes (B) proportional der Größe der

Öffnungen, die sich ihrerseits durch die Ausdehnung der Magenwandungen bei der Vergrößerung seines Volumens vergrößern müssen.

Bei einem Radius R des Cylinders ist seine Seitenfläche gleich $2\pi RL$. Die Fläche der Ausflußöffnungen (S) für den Saft müssen dieser Größe proportional sein. Daher

$$B = aS \quad \ldots\ldots \quad (2) \text{ und}$$

$$S = b.\,2\pi RL \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

wo a und b die konstanten Proportionalitätskoefficienten sind.

Durch Multiplikation der zwei letzten Gleichungen erhalten wir:

$$B = \text{ab}.\ 2\pi RL.$$

Durch Erhebung ins Quadrat und gliedweise Multiplikation mit der Gleichung (1) erhalten wir:

$$B^2 = (2\,\text{ab})^2\,\pi LA.$$

Daraus $B = \sqrt{(2\,\text{ab})^2\,\pi L}.\sqrt{A}.$

Da L konstant ist, so ist auch die Größe unter der ersten Wurzel durchweg konstant; indem wir sie durch k bezeichnen erhalten wir:

$$B = k\sqrt{A}.$$

Das Resultat ändert sich auch in dem Falle nicht, wenn wir statt eines, der Anschaulichkeit wegen angenommenen, Cylinders einen Rotationskörper von beliebiger Form annehmen.

Die Formel sagt das aus, was tatsächlich vor sich geht: Die Menge des ausgeschiedenen Magensaftes wechselt proportional der Quadratwurzel aus der Nahrungsmenge (S. 74).

Da ein Kleinmagen bei erhaltener Innervation im allgemeinen parallel dem großen arbeitet, so macht sich auch in seiner gesamten Saftausscheidung dieselbe Gesetzmäßigkeit geltend (S. 75).

Das Duodenum, das im Hungerzustande kollabiert erscheint, wird durch die Magenausscheidungen zu einem Rohre erweitert, in welchem jene einige Zeit zurückgehalten werden. Diese Retention, welche augenscheinlich durch eine Erschlaffung der Wand des Duodenums bedingt wird, kann leicht wahrgenommen werden, wenn z. B. in das Duodenum die Magenausscheidung durch die Injektionsröhre eines Ballonapparates injiziert wird, wobei die Röhre durch die distale Öffnung einer zweikammerigen Kanüle beim Pylorushunde eingeführt ist. Wird sofort nach der Injektion die Spritze aus dem Rohre herausgenommen, so wird aus ihm die erste Zeit nichts ausgeschieden, erst nach 30 – 50 Sek. beginnt eine Ausscheidung der injizierten Flüssigkeit in einem diskontinuirlichen Strahle. Es ist ohne weiteres klar, daß je reichhaltiger ceteris paribus die Sekretion aus dem Magen ist, desto mehr wird die Wand des Duodenums ausgedehnt, die Länge desselben bleibt jedoch infolge seiner

Fixierung einerseits durch das lig. hepato-duodenale und Pankreas, andererseits durch das lig. duodeno-jejunale hierbei annähernd die gleiche. Es werden somit hierdurch wieder mechanische Bedingungen geschaffen, die nach den eben angeführten Erwägungen ein Quadratwurzelverhältnis etablieren zwischen dem wirksamen Agens (Magenexkretion) und dem Produkt der Reaktion des Organismus (Duodenalsäfte), wie es auch der Versuch bestätigt (S. 132 – 139).

Es könnte ferner der Versuch[75]) gemacht werden, eine **mechanische Begründung** zu finden für das Quadratwurzelverhältnis zwischen der Menge der eingenommenen Nahrung und der Zeit seines Austrittes aus dem Empfangsbehälter, z. B. dem Magen bei Fleischnahrung (S. 78). Mit der Zunahme der Dehnung der Wände in Abhängigkeit von dem eingeführten Nahrungsvolum, wächst auch deren Spannung resp. der auf die Nahrung ausgeübte Druck. Da die Länge des Magens mehr oder weniger konstant ist, so wird das Volum seines Inhalts sich ändern im Verhältnis zur Seitenfläche des Magens: die linearen Durchmesser dieser Fläche (nach dem Radius und der Peripherie) sind somit ihrerseits proportional der Quadratwurzel aus dem Volum der Nahrung. Die Spannung der Magenwand kann jedoch als proportional angenommen werden der Vergrößerung seiner linearen Durchmesser, infolgedessen wird auch der von der Magenwand auf die Nahrung in ihm ausgeübte Druck proportional der Quadratwurzel aus deren Menge. Daß der Stärke des Druckes des Magens auf den Inhalt die vorwiegende Bedeutung zukommt für die Schnelligkeit der Evakuation desselben, geht äußerst deutlich aus dem Verlauf der Magenexkretion im Falle einer großen Resektion des Fundus hervor. Obgleich in einem derartigen Falle der Ausführungsteil, d. h. der ganze Pylorusabschnitt intakt geblieben ist, verläuft die Nahrungsevakuation dennoch sehr rasch bloß aus dem Grunde, weil infolge der Volumsverminderung des Fundes ceteris paribus der Druck auf die in ihm eingetretene Nahrung offenbar gestiegen ist (S. 222).

Die Schnelligkeit der Bewegung einer mehr oder weniger dickflüssigen Masse kann nach den Gesetzen der Hydraulik als proportional angenommen werden dem Druck auf dieselbe von Seiten des Pylorus resp. des Darmes bei einem konstanten Bewegungswiderstand. In diesem Falle ist das Volum A der in der Zeiteinheit aus dem Magen ausgestoßenen Masse proportional der Schnelligkeit und somit der Quadratwurzel aus dem Druck und aus dem Volum der eingeführten Nahrung $B : A = k \sqrt{B}$. Die Zeit t, die für die Ausstoßung des Gesamtvolums erforderlich, ist gleich dem Rest aus der Teilung von B durch $A : t = \frac{B}{A} = \frac{B}{k \sqrt{B}} = C \sqrt{B}$.

Hinsichtlich der Resorptionstätigkeit des Darmes offenbarte der Versuch eine besondere Erscheinung, die den Erwartungen a priori nicht entsprach. Es schien, als müßten kleine Mengen Nahrungssubstanzen, wie z. B. Traubenzucker in mäßiger Lösung in dem oberen Darmabschnitt resorbiert werden und mit zunehmender Menge in die Wirkungssphäre stets weiter distal gelegener Darmabschnitte einbezogen werden. Mehrfache Versuche (S. 189 u. 199) zeigten jedoch ein anderes Verhalten: Die Resorptionstätigkeit ist auf sämtliche, bisweilen auf fast sämtliche Darmabschnitte verteilt, ungeachtet der Menge der eingeführten Substanz, wobei jeder Darmabschnitt einen bestimmten Prozentteil des Gesamtmaterials resorbiert. Mit anderen Worten es wird aus der eingeführten Nahrung (R) eine der Menge dieser (M) proportionale Menge resorbiert:

$$R = kM.$$

Auch diese Gesetzmäßigkeit hat augenscheinlich ihren Grund in den mechanischen Bedingungen der Darmbewegung. Die Darmbewegungen (S. 130—131) erfolgen sowohl im Hungerzustande als auch im Verlaufe der Verdauung recht einförmig. Die peristaltischen Bewegungen stellen eine wellenförmige Fortbewegung von Erweiterungen den Darm entlang vor. An jeder Stelle hat die Erweiterung eine bestimmte Länge, die von der Muscularis abhängt; im Querdurchmesser ist die Größe der Erweiterung von dem Volum der sich fortbewegenden Chymusportion abhängig. Die Welle beginnt im Anfangsteil des Duodenums unter dem Einflusse von Stößen der Magenevakuation. Je mehr Mageninhalt vorhanden ist, desto stärker sind die Stöße. Entsprechend dem oben erwähnten ist der Druck des Magenexkretes (p) im allgemeinen proportional der Quadratwurzel aus der Nahrungsmenge:

$$p = K\sqrt{M}.$$

Mit jeder Eröffnung des Pylorus ist in einem Zeitintervall die Menge der evakuierten Nahrung proportional der Geschwindigkeit der Evakuation d. h. proportional $\sqrt{M}$.

Die Zahl der Eröffnungen des Pylorus ist gleich der Zahl der Evakuationsportionen (n), in welche die ganze Nahrung (M) eingeteilt wird. Die einzelnen Evakuationsportionen unterscheiden sich im allgemeinen ceteris paribus wenig von einander, so daß n gleich $\frac{M}{K\sqrt{M}} = \frac{1}{K}\sqrt{M}$ angenommen werden kann. Es ändert sich somit die Zahl der Evakuationsstöße ebenfalls proportional der Quadratwurzel aus der Nahrungsmenge. Weiter oben ist bereits angegeben, daß auch die Evakuationszeit in demselben proportionalen Verhältnisse sich ändert (S. 78).

Verfolgen wir nun jede Evakuationsportion. Indem sie sich peristaltisch längs dem Darme fortbewegt, erweitert sie in einer propulsiven Welle die Darmwand im Querdurchmesser. Bei verschiedener Nahrungsmenge wird das Volum der evakuierten Portionen geändert. Die durch diese bewirkte Erweiterung des Darmlumens hat das Aussehen von paarigen Kegeln, die mit ihren Grundflächen aneinandergelegt sind, sodaß die Oberfläche dieser Erweiterungen dem Volum proportional sein kann d. h. wiederum proportional $\sqrt{M}$. In demselben Verhältnis werden somit auch die Resorptionskanälchen geändert, somit ist das Volum der aus dem Chymus (v) resorbierten Flüssigkeit gleich $K_2 \sqrt{M}$. So geht es fort, solange die Evakuationswelle des Mageninhaltes mit den ihm beigesellten Darmsäften längs dem ganzen Darmkanal sich fortbewegt. Das Volum (V) des bis zu einem gegebenen Punkte aus dem Chymus resorbierten Teiles ist natürlich $n. v.$ Hieraus

$$V = n. v. = \frac{1}{K} \sqrt{M} \quad K_2 \sqrt{M}.$$

$$V = K. M.$$

d. h. die resorbierte Chymusmenge R ist der Nahrungsmenge M proportional.

Die mechanische Grundlage dieser quantitativen Wechselbeziehungen ist im Typus des anatomisch-histologischen Baues des Verdauungsapparates gegeben. Der Akt der Saftausscheidung selber ist eng verbunden mit den von der Nahrung ausgehenden mechanischen Einflüssen. Dieser Einfluß beginnt bereits vom Momente des Verschluckens der Nahrung. Kurz nach diesem Akte nimmt, wie bekannt, die Absonderung des Magensaftes ihren Anfang. Da diese Erscheinung auch an Hunden nach Entfernung der Großhirnhemisphären (Zeliony)[76]) beobachtet wird, so ist es ohne weiteres klar, daß die Erregung hier nicht psychischer, sondern bestimmter rein mechanischer Art ist (in der Mundhöhle). Gleichartige Erregungen sind auch in Bezug auf das Pankreas- als auch auf das Darmsekret wirksam, wovon man sich leicht überzeugen kann durch Einführung eines Gummirohrs (S. 168) in das Duodenum eines polychymotischen Hundes (für das Pankreassekret) oder in eine nach Thiry-Vella isolierte Schlinge (für den Darmsaft). Dernormale Erreger des Pankreassaftes ist bekanntlich die Salzsäure, deren Einwirkung, wenn auch nur teilweise, schließlich auf eine mechanische Einwirkung der Wasserstoffionen zurückgeführt werden kann.

Nur durch einen mechanischen Ursprung der Saftausscheidung kann die gründliche Ausnutzung seitens eines Hundes, dem der Magen und das Ileum entfernt worden waren, der stickstoffhaltigen und Kohlehydratsubstanzen erklärt werden, bei Fütterung bloß mit Brot und Wasser (S. 227,)

d. h. einer Nahrung, die keinerlei anerkannten chemischen Erreger für die Saftausscheidung im Darm enthält. Selbstverständlich tritt unter normalen Bedingungen dieser grobe mechanische Faktor in den Hintergrund, seine Tatsächlichkeit kann jedoch nach dem erwähnten Versuche kaum in Zweifel gezogen werden. Es ist noch festzustellen, auf welchen Darmabschnitt normal diese mechanische Erregung einwirkt. Aus dem Umstande, daß in den Versuchen mit der Einführung von Fleisch durch das Jejunum (S. 261) eine Saftausscheidung in bedeutenderem Maße nicht erfolgte, muß vorläufig angenommen werden, daß die Erregung hauptsächlich vom Duodenum erhalten wird.

Eine lange Reihe verschiedenartiger Versuche (S. 140—149) hat in vollkommenem Einklang zum Ergebnis geführt, daß in dem Verdauungsapparat keine ökonomische spezifische Übereinstimmung vorhanden ist zwischen den ausgeschiedenen Fermenten der Sekrete und den Nahrungssubstraten. Es sei hierbei zunächst darauf hingewiesen, daß bei jeglicher Nahrung sämtliche Fermente ausgeschieden werden, wenn auch für sie in der Nahrung kein Substrat vorhanden wäre. Andererseits wird jedoch für die in der Nahrung vorwiegenden Komponenten das entsprechende Ferment nicht in vorwiegender Menge ausgeschieden. Eine derartige Unzweckmäßigkeit ist durchaus nicht auffallend von dem Gesichtspunkte aus, daß die Wechselbeziehungen hier durch blinde mechanische Einflüsse festgesetzt werden.

Daß diesen letzteren tatsächlich eine große Bedeutung in der Tätigkeit der verschiedenen Abschnitte des Verdauungskanals zukommt, ist nach dem in diesem Buche dargestellten wohl kaum zweifelhaft. Flüssigkeiten werden z. B. vom Magen rascher evakuiert (S. 112—115), als festere Massen, unabhängig davon, ob sie zusammen mit den letzteren oder von diesen gesondert eingeführt werden. Das Eiereiweiß, in flüssigem Zustande eingegeben, wird vom Magen und Darm äußerst rasch evakuiert, und wird im Gegenteil in ihnen sehr lange zurückgehalten, wenn es in hart gekochten Stücken verabreicht wird (S. 59). Zerfällt wie bei der Milch die Nahrung in flüssigere und festere Teile, so werden erstere vom Magen und Darm rasch transportiert, die letzteren langsam (S. 89). Es kommt vor, daß im Magen des Hundes das geronnene Casein vom Serum abgepreßt wird und sich hierbei in eine käseartige Masse umwandelt. Diese Erscheinung erfolgt stets nach dem Ausschalten des pylorischen Magenteils (S. 109), kommt jedoch auch bei vollkommen normalen Hunden mit träger Magenverdauung vor. In diesen Fällen bleibt der käseartige Ballen im Magen recht lange liegen und verschwindet nur allmählich. In diesen und in analogen Fällen kommt die vor-

wiegende Bedeutung der inneren Reibung, der zähen Konsistenz des Mageninhaltes zu. In dieser Richtung liegt der Forschung noch ein weites freies Feld offen. Zur Orientierung können jedoch auch folgende Beobachtungen über den Durchgang von Stärke durch den Magendarmkanal dienen. Wird einem Hunde eine Stärkeemulsion in den Magen eingeführt, so wird dieselbe aus ihm relativ sehr rasch evakuiert. (S. 82) Bei der Weiterfortbewegung der Emulsion durch den Darm wird sie allmählich infolge Wasserresorption eingedickt, entsprechend diesem Umstande wird auch ihr Transport vom Darm in der Richtung zum Ileum allmählich verlangsamt. Im Ileum wird die Emulsion beträchtlich eingedickt und dementsprechend tritt in der Fortbewegung der unverdauten Stärkereste eine starke Verlangsamung ein (S. 191).

Eine gewisse Analogie zu derselben Erscheinung stellt die Fortbewegung eines jeglichen Chymus im Darm unabhängig von der Art der eingenommenen Nahrung in dem Falle dar, wenn die Ausscheidung des Pankreassaftes in den Darm ausgeschaltet worden ist. Normaliter begünstigt das Pankreassekret die Verflüssigung des Darmchymus, indem es denselben mit seinem Wasser verdünnt und feste Nahrungsbestandteile in flüssige überführt. Bei Abwesenheit des Pankreassekretes wird der im Duodenum und dem oberen Jejunum noch relativ flüssige Chymus stark eingedickt, dementsprechend auch seine Fortbewegung im Darme stark verlangsamt. So wird z. B. normaliter nach Milcheingabe die erste Chymusportion aus Ileumfistel nach 25–30 Min. ausgeschieden, beim Fehlen des Pankreassekretes ist dazu eine Zeitdauer von 2 Stunden erforderlich (S. 241 ff.).

Dem soeben angeführten analoge Beispiele werden in vorliegendem Buche nicht wenige gefunden werden. Besonders deutlich tritt die Bedeutung der rein mechanischen Wechselbeziehungen bei Eingabe eines komplizierten Nahrungsgemisches (S. 190 ff.) und bei der Einführung verschiedener Nahrungsarten ein.[45]) In derartigen Fällen kann häufig mit einer ungefähren Exaktheit vorausgesehen werden, welche Richtung der Verdauungsprozeß einschlagen wird, wie es z. B. bei der Gruppe von Versuchen mit der Eingabe eines Gemisches von Brot und Milch angegeben worden ist (S. 95).

Hinsichtlich des Resorptionsvorganges können wohl kaum Zweifel vorhanden sein, daß in der elementaren Basis der Erscheinungen vorwiegend mechanische Wechselbeziehungen eine Rolle spielen. Von den zwei Hauptabschnitten des Verdauungstraktus resorbiert der Magen nichts von den Verdauungsprodukten (S. 79 u. 87). Bei Eiweißnahrung führt der Magen einen beträchtlichen Teil der Substanz in

Lösung über, welcher aus dem Darme recht rasch resorbiert wird, während der Magen diese gelösten Produkte durch sich nicht hindurchläßt. Von einem gewissen Standpunkte aus könnte angenommen werden, daß die Ursache dafür das nicht Vorbereitetsein der Produkte der peptischen Verdauung für die Resorption sei. Es wäre jedoch dann unverständlich, warum aus dem Magen die aus dem Darmkanal in ihn eingeführten Verdauungsprodukte nicht resorbiert werden (S. 79). Daß die Wandungen des Verdauungsapparates im allgemeinen nicht die spezielle Fähigkeit besitzen den Organismus vor dem Eintritt von für ihn untauglichen Substanzen zu schützen, illustriert die einfache Tatsache, daß Gifte aus ihm schneller resorbiert werden können als die Nahrung. Es muß somit konstatiert werden, daß der Darm blind alles durchläßt, was durch ihn hindurchtreten kann (S. 186), sei es nun nützlich oder schädlich, der Magen resorbiert jedoch normalerweise weder Albumosen noch Aminosäuren, noch Salze, noch Zucker, noch Gifte u. dergl.

Für den Eintritt einer gelösten Substanz in die Wand des Kanals sind augenscheinlich zwei Bedingungen erforderlich: erstens, daß das Molekül der Substanz nicht den Durchmesser der Austrittsbahn übertrifft und zweitens, daß die makro- und mikromechanischen Bedingungen einen Druckunterschied in entsprechender Richtung ergeben. — Im Magen ist, solange er unter normalen Bedingungen sich befindet, die Richtung der bewegenden Kräfte derart, daß eine Resorption nicht erfolgt. Der Magen umfaßt seinen Inhalt, übt auf ihn einen geringen Druck aus, der periodisch in der Richtung zur Austrittsöffnung in den Darm ausgeglichen wird. Andererseits praevaliert auf die Oberfläche der Magenschleimhaut eine Richtung der Flüssigkeit in den Hohlraum, infolge von Abscheidung bald von Magensaft bald von Schleim, wobei letzterer einer Resorption nur hinderlich sein kann. Die Schleimhaut des Magens hat ferner die Fähigkeit, eine dichte, geschlossene Oberfläche zu bieten; diese Fähigkeit ist dermaßen scharf ausgesprochen, daß sogar nach der Anlegung einer großen Öffnung in der Magenwand, wie es bei der Gastroenterostomose der Fall ist, die einige Finger hindurchläßt, eine dermaßen flüssige Nahrung wie Milch, selbst bei einer beträchtlichen Verengerung der Austrittsöffnung des Magens nicht durch die Öffnung der Magenwand hindurchgelassen wird (S. 120). Damit die Magenwände den Inhalt durch eine dermaßen große Öffnung durchlassen, ist der vollkommene Schluß des normalen Austrittes erforderlich. Im Darm sind die mechanischen Bedingungen durchaus andere. Abgesehen davon, daß in ihm spezielle Anpassungsvorrichtungen für die Resorption vorhanden sind, ist die Muskulatur dermaßen gebaut und angeordnet, daß die Wände sich pendelförmig kontrahieren und dabei das Lumen rhythmisch verengen, wobei die gegen-

einanderliegende Schleimhaut zur Berührung gebracht wird, und hierbei einen Druck in der Richtung der Resorption ausübt.

Von den äußerlich verschiedenartigen Funktionsäußerungen des Verdauungsapparates — den motorischen, sekretorischen und chemischen — nehmen die ersten deutlich mechanischen die Hauptstellung ein. Dieser Charakter des hier herrschenden Regimes verliert sich unter gewöhnlichen Bedingungen in der komplizierten bunten Mannigfaltigkeit der sich hier verflechtenden verschiedenartigen Prozesse, tritt jedoch deutlich hervor, sobald aus dem ganzen wohlkonstruierten Apparate irgend ein Teil herausgeschnitten wird.

Der Magen besteht aus zwei verschiedenwertigen Abschnitten: Dem Fundus mit seiner wenig beweglichen, reichlich sezernierenden Wandung und dem Antrum – mit einer lebhaften mechanischen und einer geringen sekretorischen Tätigkeit. Mit der Entfernung des Fundus nimmt erstens seine Ausdehnung ab, zweitens nimmt ein Teil der Drüsen ab. Der normale Verlauf der Magenarbeit wird, außer durch alles übrige, bestimmt durch das Wechselverhältnis der motorischen Tätigkeit des Fundus und des Antrum. Inwieweit die erstere normaliter eine Retention des Überganges des Mageninhaltes in den Darm bestimmt, insoweit beschleunigt das Antrum den Übergang der einzelnen Portionen (S. 112). Die relative Passivität des Fundusabschnittes wird von der lebhaften Aktivität des Pylorusabschnittes ergänzt. Es ist klar, daß wenn der Reserveabschnitt vermindert ist, das Übergewicht auf der Seite des Transportabschnittes sein wird, sobald von Seiten anderer Faktoren hierbei keine Beeinflussung erfolgt. Ein derartiger Einfluß könnte erfolgen von Seiten der sekretorischen Tätigkeit des Magens, wenn ihr überhaupt eine Direktive zukommen würde. — In einem solchen Falle wäre die Verkleinerung des Magens eine Verzögerung der motorischen Tätigkeit des Magens; infolgedessen könnte der Magen die normale Sekretion und die normale Verarbeitung der Nahrung ausführen. Der Versuch zeigt jedoch (S. 222), daß eine partielle Fundusresektion als unvermeidliche Folge eine beschleunigte Evakuation hat, wobei das Interesse der Bearbeitung der Nahrung in den Hintergrund rückt: der Darmchymus enthält sogar noch im Ileum eine beträchtliche Menge unverdauter Nahrungsbestandteile.

Wird der Pylorusabschnitt des Magens ausgeschaltet, so wird, wie es von dem Gesichtspunkt der soeben dargelegten Erörterungen zu erwarten ist, die ausschließlich der schlaffen motorischen Funktion des Fundus überlassene Magenevakuation stark verzögert, dementsprechend auch die Sekretausscheidung und die chemische Verarbeitung der Nah-

rung. Auch hier könnte eine mehr normale Tätigkeit des Magens hergestellt werden, wenn dem sekretorischen Apparat die Direktionsinitiative zukommen würde und ceteris paribus eine größere Menge Magensaft oder einfach einer salzsauren Flüssigkeit ausgeschieden würde (S. 171).

Daß die mechanische Arbeit des Magens selbständig effektuiert wird ohne strenge Kongruenz mit dem Verdauungsgrade der Nahrung geht schon aus den Versuchen des Ersatzes eines Teils des Nahrungseiweißes durch Verdauungsprodukte aus demselben Magen hervor (S. 124). Die Magenevakuation wird dabei nicht beschleunigt.

Ebenso ist kein Einfluß auf die Magenevakuation von Seiten der in ihn eintretenden transpylorischen Sekrete wahrnehmbar. Einerlei ob die Galle in den Magen abgeleitet ist (S. 251) oder der Nahrung Pankreassekret beigemischt ist (S. 117), die Magenevakuation verläuft nach ihrem gewöhnlichen Tempo. In allen diesen Fällen bleibt die motorisch-mechanische Arbeit des Magens intakt.

Eine derartige scharfe Trennung verschiedener Erscheinungen im Verdauungsapparat bei einem Vorwiegen der mechanisch-motorischen Prozesse tritt besonders evident hervor bei dem Studium der kompensatorischen Erscheinungen, welche nach Ausschluß verschiedener funktioneller Abschnitte des Ganzen vorausgesetzt werden.

Nach Ausschaltung des Pankreassaftes aus dem Haushalte des Magen-Darmkanals könnte der Magensaft, der einiges mit den Pankreasfermenten analog hat, bei entsprechender Richtung der Saftansscheidung den Mangel dieser letzteren decken. Tatsächlich erweist es sich jedoch, daß ein gleicher, wenn nicht ein größerer Teil unveränderten Eiweißes, der normaler Weise aus dem Magen in den Darm als Anteil der proteolytischen Wirkung des Pankreassekretes übergeht, worin im Wesentlichen seine Rolle bei der Eiweißverdauung besteht, dahin transportiert wird (S. 242) auch bei Abwesenheit des Sekretes und daß infolgedessen dieser Nahrungsteil vom Organismus nicht ausgenutzt wird (S. 260). Dieselbe Beobachtung wird auch hinsichtlich des emulgierten Fettes gemacht. Normaler Weise wird das emulgierte Fett im Magen durch die Summe der Wirkungen der örtlichen Abscheidung und des hierher verschleuderten Pankreassaftes gespalten. Ist der letztere ausgeschaltet, so übersteigt die Lipolyse im Magen augenscheinlich nicht die gewöhnliche Wirkung des Magensaftes (S. 122). Wenn nach einer partiellen Resektion des Pankreas in dem nachgebliebenen Stumpfe die sekretorische Tätigkeit ansteigt (S. 242), so liegt der Grund dafür allem Anschein nach in den veränderten mechanischen Bedingungen, da auf den Anteil der

resezierten Drüse mehr Blut jedenfalls unter höheren Druck kommt. Wieweit die Blutversorgung die Sekretion der Verdauungssäfte beeinflußt, geht aus den Versuchen mit Aderlässen hervor (S. 213). Der Ausschluß des Pankreassekretes aus dem Darme hat allem Anschein nach eine Steigerung der Darmsekretion zur Folge (S. 241), als wirksames Prinzip tritt auch hier wieder der mechanische Einfluß hervor, welchen die Darmwand seitens des ungewöhnlich kompakten Chymus erleidet.

Der vom Fundus bis zum Ende des Dünndarms verfolgte Magendarmkanal stellt ein allmählich und ungleichmäßig sich verjüngendes Rohr dar. In der Entwickelung dieses Verhaltens sind das bestimmende Moment augenscheinlich hauptsächlich mechanische Faktoren; jedenfalls, wenn auf operativem Wege ein Darmabschnitt umgedreht wird, so wird das ursprünglich engere distale nunmehr proximale Ende breiter (S. 236). Nach der Analogie mit ähnlichen Fällen in anderen anatomisch-physiologischen Systemen müßte erwartet werden, daß die Resektion eines beliebigen Darmabschnittes zu einer kompensatorischen Dilatation und Hypertrophie des höher gelegenen Abschnittes führt. Darin müßten sich auch die kompensatorischen Erscheinungen ausdrücken, wenn sämtliche Abschnitte des Verdauungskanals in anatomisch-physiologischer Beziehung gleichwertig wären. Dies ist jedoch lange nicht der Fall. Sämtliche Abschnitte dieses Kanals nehmen Anteil an der allmählichen Fortbewegung der Nahrungselemente und in der Umarbeitung derselben durch Verdauungssäfte, der Anteil und der Charakter der Anteilnahme ist jedoch in verschiedenen Abschnitten ein verschiedener. Der Magen, das Ileum und das Colon sind hauptsächlich Reservepunkte, wenn auch bei weitem nicht ausschließlich. Der Magen ist das Sammelgefäß für die Nahrung, das Ileum für das Verdauungsreste, der Colon für die Exkrete. Das Duodenum und das Jejunum sind hauptsächlich Verdauungsabschnitte obschon wieder bei weitem nicht ausschließliche. Zwischen diesen zwei Abteilungen besteht ein wesentlicher Unterschied. Der Verdauungsabschnitt kann die Funktion der Reserveabschnitte ersetzen, da dafür nur eine mechanische Erweiterung seiner Wandung, eine Erschlaffung des Tonus erforderlich ist. Die reservierenden Abschnitte können jedoch die Funktion des verdauenden in soweit nicht ersetzen, als er ein fermentogener ist. Tatsächlich ist für den Organismus am wenigsten gefährlich der Verlust der erwähnten Reservepunkte. Die sich hierbei ergebenden mechanischen Bedingungen führen dahin, daß der benachbarte Verdauungsabschnitt voluminöser und reservoirartig wird. Die vollständige Entfernung des Magens führt zu einer Erweiterung des Duodenums. Diese Wirkung beschränkt sich nur auf das Duodenum (weil

ein derartiger Hund die Nahrung nur in kleinen Portionen zu sich nimmt) (S. 54 und 101). Anders verhält es sich bei der Resektion des Ileums; hier wird nicht der benachbarte distale (S. 233), sondern der benachbarte proximale Abschnitt verändert (S. 241). Der gewöhnlich reichliche Chymus aus dem Jejunum wird nämlich an der Ileocoecalklappe zurückgehalten, infolgedessen das Jejunum unter dem Einflusse eines gesteigerten Druckes ausgedehnt und verändert (S. 241). Die Entfernung des Colon bewirkt keine mechanischen Schwierigkeiten für die höheren Darmabschnitte, von denen es durch eine Klappe geschieden ist, infolgedessen letztere unverändert bleiben. Die mechanischen Bedingungen ändern sich in der Fluxura sigmoidea und im Rectum, denen vermehrte Chymusreste zugeführt werden, infolgedessen ihre Wandungen ausgedehnt werden. Die Reserveabschnitte finden somit eine Kompensation, ein jeder in einem anderen Abschnitt des übrigen Verdauungskanals. Daraus folgt, daß, wenn sie sämtlich ausgeschaltet werden, die Möglichkeit ihrer Kompensation bestehen bleibt. Der Versuch bestätigt dieses tatsächlich (S. 238). Wenn hierbei keine volle Kompensation erzielt wird, so ist es dadurch zu erklären, daß in einem gewissen Maße jede Resektion einen reflektorischen Einfluß auf das ganze Verdauungssystem ausübt. So führt z. B. eine große Resektion des Dünndarms zu einer gewissen Verzögerung der Magenevakuation (S. 123.).

In Betreff der Resektionen des verdauenden Abschnittes des Darmkanals bleibt in praxi nur das Jejunum zu erwähnen, da die Entfernung des Duodenum zu starken Störungen außerhalb des Verdauungsapparates führt, sodaß das Bild stark kompliziert wird.

Mit der Entfernung des Jejunums gelangen große Massen flüssigen Chymus in das Ileum, wo eigentlich infolgedessen eine Dilatation erfolgen müßte. Wie aus dem Verhalten des Ileums zum flüssigen Chymus (z. B. bei Milchverdauung S. 211) ersichtlich ist, wird letzterer in großem Maßstabe in den Dickdarm transportiert. In letzterem ist die Fortbewegung schwach, die Resorption beschränkt, es häuft sich viel Inhalt an, der auch eine Dilatation und Hypertrophie der Wandungen bewirkt. Auf diese Weise erfolgt nach Resektion des Jejunums eine Kompensation durch den Dickdarm (S. 235).

Die saftausscheidenden Prozesse werden, wie der direkte Versuch zeigt, nur wenig unter dem Einflusse der Darmresektion berührt (S. 235). Die Hauptveränderungen, welche in der hier in Betracht gezogenen Gruppe von Fällen erfolgen, sind rein mechanischen Ursprungs und führen als solche zur Deckung der Defekte. Von diesem Gesichtspunkte aus verdient auch noch folgender Umstand Beachtung Nach der Mehrzahl der Operationen am Verdauungsapparat tritt

für einen gewissen Zeitraum eine Erschlaffung sowohl der Tätigkeit der Verdauungsdrüsen als auch in der motorischen Arbeit des Kanals auf. Die erschlaffte Saftausscheidung müßte sich widerspiegeln in der Ausnutzung der Nahrung. Es erweist sich jedoch, daß häufig die Verminderung der Motilität mit großem Vorteil für den Organismus die unzulängliche Sekretion ersetzt, wie es z. B. sichtbar ist nach Entfernung sämtlicher reservierender Abschnitte des Kanals. Auffallenderweise wurden nach der dritten Operation, als das ganze Colon entfernt war, die bis dahin flüssigen Faeces für einige Zeit fest, von normalem Aussehen (S. 240), offenbar infolge einer weniger intensiven Peristaltik des nachgebliebenen Darmes und der damit verbundenen Aufbesserung der Nahrungsresorption.

In ihrer Gesamtheit stellt somit die Arbeit des Verdauungskanals eine Reihe von Prozessen von, wie ich mich ausdrücken möchte, makro- und mikromechanischem Charakter dar. Dieses Gebiet der Verdauung wird somit wesentlich auf die allgemeine monistische Erkenntnis der Erscheinungen der gesamten Natur zurückgeführt. Andererseits kann dieses nicht in dem Sinne verstanden werden, daß der Verdauungsapparat bloß einen mechanischen Automaten darstellt. Es liegt jedoch darin, daß unserer Vorstellung und unserem Verständnis überhaupt nur Erscheinungen des mechanischen Automatismus zugänglich sind; in jedem System von biologischen Erscheinungen muß man sich deshalb zunächst bemühen, das automatische Gerüst auszuscheiden, erst dann kann per exclusionem klargestellt werden, was sicher für den für uns versteckten Hebel der lebendigen Bewegung des Systems zur Zeit noch nachbleibt.

Wie dem auch sei, es leiten uns sämtliche allgemeine Betrachtungen zu einer mechanischen Theorie der Verdauungsarbeit im Organismus.



Literaturverzeichnis.

1) **E. S. London** und **N. A. Dobrowolskaja**, Zur Chemie des Pfortaderblutes; Zeitschrift f. physiol. Chemie, Bd. LXXXII, S. 415. Mitt. I.

2) — Zur Kenntnis der Resorptionsprodukte des Eiweißes; ibid. (erscheint demnächst).

3) — und **W. F. Dagaëw**, Das Verschwinden einer Glukoselösung aus dem Magen; ibid., Bd. LXXIV, S. 318.

4) — und **A. Th. Sulima**, Eiweißverdauung im Magendarmkanal; ibid., Bd. XLVI, S. 209.

5) — und **F. J. Riwosch**, Zur Kenntnis der normalen Magenverdauung; ibid., Bd. LXXXI, S. 378.

6) **Svante Arrhenius**, Die Gesetze der Verdauung und Resorption; ibid., Bd. LXIII, S. 323.

7) **N. A. Dobrowolskaja**, 1. Zur Kenntnis des Einflusses der Blutverluste auf die Verdauungsprozesse; Bioch. Zeitschr. Bd. XXXIII, S. 73 u. 105; 2. Dissertation St. Petersburg, 1911.

8) **E. S. London** und **A. G. Rabinowitsch**, Über die Verdauung feingemahlenen Fleisches. Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. LXV, S. 193.

9) — und **J. D. Pewsner**, Die Bedeutung der Mundaufnahme des Futters für die Magenverdauung; ibid., Bd. LVI, S. 384.

10) — und **W. W. Polowzowa**, Über das Verhalten verschiedener Eiweißarten im Magen und oberen Duodenum des Hundes; ibid., Bd. LXVII, S. 113.

11) — und **A. J. Sagelmann**, Zur Lehre über die Magensaftsekretion; ibid., Bd. LXV, S. 203.

12) — und **A. G. Rabinowitsch**, Der Grad des Abbaues von verschiedenen Eiweißarten im Lumen des Magendarmkanals; ibid., Bd. LXXIV, S. 305.

13) — und **W. W. Polowzowa**, Zur Frage der Verdaunng und Resorption im Magen des Hundes; ibid., Bd. LXII, S. 446.

14) — Ueber das Verhalten der Nukleoproteide im Magendarmkanal; ibid., Bd. LXII, S. 451.

15) — und **A. Schittenhelm**, Verdauung und Resorption von Nucleinsäure im Magendarmkanal; ibid., Bd. LXX, S. 10.

16) — und **W. W. Polowzowa**, Verdauung und Resorption der Kohlenhydrate im Magendarmkanal des Hundes; ibid., Bd. LVI, S. 512.

17) — und **L. F. Mazijewski**, Die Magenentleerung bei Verfütterung von Stärke; ibid., Bd. LXXXI, S. 388.

18) — und **W. F. Dagaëw**, Die Folgen einer partiellen und totalen Entfernung des Magens; ibid., Bd. LXXIV, S. 330.

19) **S. J. Levites**, Ueber die Verdauung der Fette im tierischen Organismus; Biochemische Zeitschrift, Bd XX, S. 220.

20) **M. H. Nemser**, Ueber das Schicksal des per os gereichten Kalomels; Zeitschr. f. physiol. Chemie; Bd. XLIII, S. 562.

21) — Über das Verhalten des Alkohols im Verdauungstraktus; ibid., Bd. LIII, S. 356.

22) **E. S. London** und **F. J. Riwosch-Sandberg**, Zur Kenntnis des Verlaufes der Magenverdauung bei gemischter Speise und über die Herkunft der Konstanzzahlen; ibid., Bd. LXV, S. 2(7.

23) – und **A. W. Sivré**, Zum Studium der allmählichen Fortbewegung, Verdauung und Resorption der Eiweißstoffe, Fette und Kohlehydrate bei einzelner Darreichung und bei der Darreichung in verschiedenen Kombinationen; ibid., Bd. LX, S. 194.

24) — und **B. D. Stassow**, Zur Verdauung zusammengesetzter Nahrung; ibid., Bd. LXXXI, S. 381.

25) — und **L. J. Mepissow**, Verdauung verschiedener nacheinander verabfolgter Nahrungsarten; ibid., Bd. LXXXI, S. 376.

26) — und **L. F. Mazijewski**, Verdauung und Resorption bei experimentellen Magendefekten; ibid., Bd. LXXXI, S. 387.

27) — und **W. F. Dagaëw**, Zur Lehre von dem Einfluß des Darmes auf die Entleerung des Magens; ibid., Bd. LXXXI, S. 385.

28) — und **O. E. Gabrilowitsch**, Die Rolle des Fundus und Antrums des Magens bei der Evakuation von flüssigen Bestandteilen aus demselben; ibid., Bd. LXXXI, S. 398.

29) — und **S. F. Kaplan**, Die Folgen einer partiellen Magensekretion; ibid., (erscheint demnächst).

30) — und **R. S. Krym**, Wirkung des Pankreassaftes auf die Magenverdauung; ibid., LXXXI, S. 403.

31) — **O. J. Holmberg**, Weitere Untersuchungen über die Verdauung und Resorption bei Pankreassaftausschaltung; ibid., Bd. LXXXI, S. 405.

32) — und **B. D. Stassow**, 1. Weitere Untersuchungen über die Kompensationserscheinungen bei Darmresektionen; ibid., Bd. LXXXI, S. 413; 2. Dissertation. St. Petersburg. 1913.

33) — und **R. S. Krym**, Die Bedeutung der Anomalien im Bestande des Mageninhaltes, ibid., (erscheint demnächst).

34) **N. A. Dobrowolskaja**, Die Bedeutung des Blutes für die Magenverdauung; ibid. Bd. LVI, S. 403.

35) **E. S. London** und **W. M. Rokitzki**, (nicht publizierte Angaben).

36) — und **O. J. Golmberg**, Die Neutralisationsgesetze der Verdauungssäfte; Zeitschr. f. physiolog. Chemie, Bd. LXVIII, S. 352.

37) — und **N. Dobrowolskaja**, Über die Mengenverhältnisse der Verdauungssäfte; ibid., Bd. LXV, S. 196.

38) — und **A. P. Korchow**, Über die Einwirkung der verschiedenen äußeren Faktoren auf die Sekretion der Duodenalsäfte; ibid., Bd. LXVIII, S. 358.

39 **J. S. Tschekunów**, Findet eine Resorption von Nahrungssubstanzen aus dem Magen statt? ibid. (erscheint demnächst).

40) — und **W. N. Lukin**, Zur Spezifizität des Magensaftes und des Pankreassaftes; ibid., Bd. LXVIII, S. 366.

41) **E. S. London** und **Dobrowolskaja**, Studien über die spezifische Anpassung der Verdauungssäfte; ibid., Bd. LXVIII, S. 374.

42) **E. S. London** und **R. S. Krym**, Zur Spezifizität des jejunalen Säftegemisches; ibid., Bd. LXVIII, S. 549.

43) **E. Abderhalden**, **K. Kautsch** und **E. S. London**, Studien über die normale Verdauung der Eiweißkörper im Magendarmkanal des Hundes; ibid., Bd. XLVIII, S. 549.

— **L. Baumann** und **E. S. London**, Weitere Studien über die normale Verdauung der Eiweißkörper im Magendarmkanal des Hundes. II. Mitt.; ibid., Bd. LI, S. 384.

— **K. v. Körösy** und **E. S. London**, Dasselbe. III. Mitt.; ibid., Bd. LIII, S. 118.

— **B. Oppler** und **E. S. London**, Dasselbe. IV. Mitt.; ibid., Bd. LV, S. 447.

— **E. S. London** und **E. B. Reemlin**, Dasselbe. V. Mitt.; ibid., Bd. LVIII, S. 432.

— **F. Medigreceanu** und **E. L. London**, Dasselbe. VI. Mitt.; ibid., Bd. LVIII, S. 435.

44) **R. S. Krym**, 1. Die Verdauung gemischter Nahrung beim Hunde und beim Menschen; ibid., Bd. LXXIV, S. 321. 2. Dissertation. S. Peterburg. 1912.

45) **E. S. London** und **Karl Schwarz**, 1. Das Distanzgesetz der Duodenalsäfteauslösung; ibid., Bd. LXVIII, S 346. 2. Zum Studium der Magenverdauung bei zusammengesetzter Eiweißnahrung; ibid., Bd. LXVIII, S. 378.

46) — und **P. P. Brjuchanow**, Zur Lehre über die Rückwirkung des Darms auf die Absonderung von verschiedenen Verdauungssäften nach Versuchen am polychymotischen Hunde; ibid., (erscheint demnächst).

47) — und **L. J. Mepissow**, (nicht publiziert)).

48) — und **S. J. Kaplan**, Zur Frage über die Bedeutung der Säure und des Alkal. für die Verdauung und die Resorption im Magendarmkanal; ibid., (erscheint demnächst).

49) — und **W. W. Polowzowa**, Eiweiß- und Kohlehydratverdauung im Magendarmkanal; ibid., Bd. XLIX, S. 328.

50) — und **A. Th. Sulima**, Verdauung und Resorption des Fleisches im Darmkanal; ibid., Bd. LVI, S. 388.

51) — und **W. W. Polowzowa**, Weitere Verdauungs- und Resorptionsversuche; ibid., Bd. LIII, S. 429.

52) — und **F. J. Riwosch-Sandberg**, Zur Frage über den Grad der Eiweißspaltung im Darmlumen; ibid., Bd. LX, S. 2[illegible]1.

53) — **S. K. Solowjew**, Die Einwirkung des Darmsaftes auf die Verdauungsprodukte verschiedenartigen Eiweißes aus dem Darm; ibid., Bd. LXXIV, S. 309.

54) **Emil Fischer** und **E. S. London**, Bildung von Prolin bei der Verdauung von Gliadin; ibid., Bd. LXXIII, S. 398.

55) **E. S. London** und **O. E. Gabrilowitsch**, Resorption von Eiweiß- und Kohlenhydratsubstanzen; ibid., Bd. LXXIV, S. 322.

56) — und **N. A. Dobrowolskaja**, Weitere Untersuchungen über die Verdauungs- und Resorptionsgesetze; ibid., Bd. LX, S. 271.

57) — und **F. Sandberg**, Zur Kenntnis der Verdauungs- und Resorptionsgesetze im Magendarmkanal; ibid., Bd. LVI, S. 394.

58) — — Weitere Untersuchungen über die Verdauungs- und Resorptionsgesetze im Magendarmkanal des Hundes; ibid., Bd. LVI, S. 401.

59) **E. S. London**, **A. Schittenhelm** und **K. Wiener**, Verdauung und Resorption von Nucleinsäure im Magendarmkanal; ibid., Bd. LXXII, S. 459.

60) **E. S. London** und **M. A. Wersilowa**, Zur Frage über die Spaltung emulgierter Fette im Magendarmkanal des Hundes; ibid., Bd. LVI, S. 545.

61) **L. M. Horowitz**, Über die Bakterien des Verdauungstraktus beim Hunde; ibid. Bd. LII, S. 95.

62) **E. S. London** und **E. Riwkind**, Zur Lehre der Zusammensetzung, Verdauung und Resorption der Tuberkelbazillen; ibid., LVI, S. 551.

63) — — Zur Verdauung und Resorption des Elastins; ibid., Bd. LX, S. 267.

64) — — Zur Verdauung uud Resorption basenreicher Eiweißsubstanzen im Darmkanal; ibid., Bd. LVI, S. 378.

65) **Emil Abderhalden, E. S. London** und **C. Voegtlin**, Abbau des Diglycyl-Glycins und, der Biuretbase im Magendarmkanal des Hundes; ibid., Bd. LIII, S. 334.

66) **P. P. Brjuchanow**, Zur Verdauung und Resorption bei Darmaus- und Umschaltungen; ibid., (erscheint demnächst).

67) **S. F. Kaplan**, Maximale Reduktion des Verdauungstraktus; ibid. (erscheint demnächst).

68) **H. K. Wiedemann**, Zur Lehre der Verdauungsstörungen bei Störungen in der Gallenabsonderung; ibid., Bd. LXXXI, S. 420.

69) — Weitere Studien über die Einwirkung der Galleableitung auf die Verdauung; ibid. (erscheiut demnächst).

70) **M. R. Gillels**, Verdauungsstörungen bei totaler Entfernung des großen und des kleinen Netzes und des Darmmesenteriums; ibid., Bd. LXXXI, S. 425.

71 — Weitere Untersuchungen über die Folgen einer Resektion der Netze und des Mesenteriums; ibid., (erscheint demnächst).

72) **S. K. Solowjew**, Ernährungsversuche bei defekter Verdauuug; ibid., Bd. LXXXI, S. 428.

73) **R. S. Krym**, Fütterungsversuche bei Jejunostomie; ibid., Bd. LXXXI, S. 431.

74) **S. O. Mitschnik**, Experimentelle und klinische Untersuchungen über die Bedeutung der Pepto-Milch. Pedjatria 1913. Juli (russisch).

75) **J. G. Jeśman**, (nicht publiziert).

76) **Zeliony** (aus dem Pawlow'schen Laboratorium). Beobachtungen über gehirulose Hunde. Verhandlungen der Gesellschaft russischer Aerzte zu St. Petersburg. 1912.

77) **A. Nürenberg**, Über die Beziehung der Drüsen mit innerer Sekretion zur Absonderung der Verdauungssäfte; Zentr. f. Physiologie; Bd. XXV, S. 1170.

Druck von Reinhold Berger, Lucka S.-A.